Colección Arte y Filosofía

EL BIÓLOGO DIALÉCTICO

Richard Levins
Richard Lewontin



Lewontin, Richard
El biólogo dialéctico / Richard Lewontin ; Richard Levins. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : RyR, 2015.
550 p. ; 17 x 12 cm.

Traducción de: Monica Contreras.
ISBN 978-987-1421-94-7

1. Ciencia. 2. Biología. I. Contreras, Monica, trad. II. Levins, Richard III. Título.

Queda hecho el depósito que marca la ley 11723
Printed in Argentina- Impreso en Argentina

Primera edición: Ediciones ryr, Buenos Aires, diciembre 2015
Responsable editorial: Nicolás Grimaldi
Diseño de tapa: Sebastián Cominiello
Diseño de interior: Nicolás Grimaldi
Traducción: Mónica Contreras
Corrección de la traducción: Eduardo Sartelli
www.razonyrevolucion.org.ar
editorial@razonyrevolucion.org.ar

A Frederick Engels,
que se equivocó muchas veces,
pero acertó en lo que importa.

La dinámica real de la vida

La dialéctica de la naturaleza y la lucha política por el socialismo

Eduardo Sartelli

La dialéctica de la naturaleza ha sido siempre un tema controvertido dentro del marxismo. En un comienzo, en boca de Engels sobre todo, la dialéctica es un proceso universal, la forma misma en que se mueve la materia, el movimiento de la materia. La idea de que tal concepción resultaría ajena a Marx choca con la admiración que este profesara por la que es, tal vez, la más evidentemente dialéctica de todas las teorías, la evolución. En efecto, ambos fundadores del materialismo histórico se concebían como parte del proceso general de desarrollo de la ciencia, que había pegado un salto cualitativo a fines del siglo XVIII y que se caracterizaba por la convicción generalizada de que solo podía comprenderse la realidad como *proceso*. Esta historización de las ciencias reflejaba la creciente certeza de que la "creación" era una idea en retroceso, de que, en realidad, todo tiene historia: la geología (pensemos en Charles Lyell), la astronomía (con Kant y su teoría de la nebulosa estelar), la biología (Darwin, claro) y la vida social (Marx y Engels). Este proceso no es simplemente un suceder, tiene una lógica, una lógica que no se corresponde con aquella que rige fenómenos simples, la lógica aristotélica, antecesora del formalismo actual. La lógica dialéctica no viene a eliminar aquella, sino a expresar la necesidad de un pensamiento más dinámico para comprender los fenómenos

complejos. Dicho de otra manera, el desarrollo de la dialéctica no es más que la expresión, en el pensamiento humano, de su creciente conocimiento del mundo, que va develando una densidad que desborda la lógica que hasta ese momento resultaba adecuada al estadio del desarrollo cultural de la especie.

Sin embargo, la vida posterior de la dialéctica de la naturaleza, sobre todo en el campo de la ciencia, pero también en el marxismo, va a estar muy alejada de ese lugar de privilegio original. En vez de colocarse en el centro de la reflexión, la dialéctica va a ser repudiada por los científicos, al menos conscientemente. Incluso en el marxismo será relegada a un segundo plano más o menos vergonzante; en el mejor de los casos, aceptada como dinámica específica y exclusiva del mundo humano. En efecto, en cierto sentido, la historia del marxismo podría escribirse siguiendo las huellas de su vínculo con la dialéctica, una presencia fuerte en un terreno siempre contestado, pero casi se diría que dominante.[1] No obstante, de esa relación privilegiada con la dialéctica, el marxismo no conservó todo su contenido. La dialéctica de la naturaleza fue excluida casi por completo. Asimilada con el estalinismo y con el "diamat", tendió a ser vista como uno de los demonios a exorcizar cada vez que la lucha socialista sufría un traspié y los marxistas suponían necesario volver a repasar sus ideas. En particular, durante los '60 y '70 del siglo pasado, la fuerte impronta culturalista que asume el marxismo, de Sartre en adelante, va a dejar de lado como "positivismo" cualquier reflexión sobre la dinámica real de los procesos "naturales", vengan de la astrofísica, de las ciencias de la Tierra o

---

[1]Ese lugar dominante de la dialéctica en el marxismo, dominio repetidas veces disputado, piénsese en Althusser, no es, sin embargo, un espacio homogéneo. Por el contrario, en su interior se debaten variantes harto conflictivas, piénsese esta vez en la controversia en torno a Hegel y la dialéctica hegeliana y su continuidad/ruptura en Marx. Véase "La promesa. El marxismo, la ciencia y la (nueva) dialéctica", en Robles Báez, Mario (comp.): *Dialéctica y capital*, Ediciones ryr, Bs. As., 2014.

de la biología. Sobre todo en esta última, suena a "eugenesia", a "lysenkoismo" y un largo listado de deplorables etcétera.

Es por esto que este libro tiene una importancia relevante en la recuperación del contenido completo de la dialéctica, no solo para los marxistas, sino para los científicos en general. A los marxistas, porque la amputación de la dialéctica de la naturaleza los ancla, finalmente, en una concepción idealista de la realidad (pensemos en las derivas del "post-marxismo"). Pero también para los científicos, marxistas o no. Si bien este libro está dedicado sobre todo a los biólogos y es un arma de combate en el interior de la disciplina que practican Levins y Lewontin, la incomprensión de la dialéctica lleva a los científicos de todas las ramas a malinterpretar su tarea y perjudicar la práctica de la investigación. Lleva también a una concepción cosificada de la naturaleza, profundamente anti-ecológica y apta para la justificación del statu quo, es decir, la defensa de la eternidad del capitalismo. La lucha por el socialismo presupone, entonces, la recuperación de la dialéctica de la naturaleza.

Con Uds., los autores...

Richard Levins (Nueva York, 1930-2016), fue, según reza en Wikipedia, militante político a lo largo de toda su vida. Una vida en la cual la ciencia ocupa un lugar central, como biólogo especializado en ecología. Marxista declarado, escribió poco para la divulgación científica, aunque resultó muy influyente en su propio campo de trabajo, la dinámica de poblaciones. En ese terreno, formuló la teoría de la meta-población (una población dividida en sub-poblaciones), según la cual es necesario, para entender la dinámica de una población dada, incorporarla a su contexto, a su relación con otras poblaciones con las que mantiene vínculos, ya sea por migración, colonización, etc. Es clara, entonces, la vinculación de esta teoría con la dialéctica, en especial con la idea de

totalidad como clave explicativa.[2] Políticamente, Levins fue militante comunista, ligado a las experiencias de Puerto Rico, Vietnam, y Cuba (fue Dr. Honoris Causa de la Universidad de La Habana).[3] Esa militancia no dejó nunca de lado la ciencia como algo separado de la política. Todo lo contrario, Levins practicó una ciencia política y una política científica, de allí su participación en Ciencia para Vietnam y Ciencia para el pueblo. Falleció recientemente, a la edad de 86 años.

Richard Lewontin, por su parte, nació un año antes que su colega y compañero, en la misma ciudad de Nueva York. Famoso biólogo dedicado a la genética, es mucho más conocido por el "gran público" por sus escritos polémicos contra el determinismo genético y la sociobiología. Marxista como Levins, ha tenido una vocación más fuerte que éste por la exposición pedagógica, rasgo que lo acerca al más famoso de todos los biólogos del siglo XX, Stephen Jay Gould, con quien mantuviera lazos intelectuales y políticos de relevancia. No están, exactamente, en el mismo punto político: Gould era "radical", mientras Lewontin es marxista. Lo que no ha impedido que, juntos, hayan escrito textos de gran impacto en la concepción de la teoría de la evolución.[4]

---

[2] Para festejar su cumpleaños número 85, en 2015, se organizó un simposio en su honor bajo el sugestivo título de "The Truth is the Hole".

[3] Su historia política puede seguirse en el relato autobiográfico "A Permanent and Personal Commitment" y en "Living the 11th Thesis", en *Monthly Review*, Issue 08 (January), Volume 59, 2008, ambos disponibles en internet.

[4] El ejemplo más importante es "The Spandrels of San Marco", comentado más abajo, una batalla fundamental contra el paradigma adaptacionista. Según Gould, "las ideas eran en su mayoría suyas, la escritura, enteramente mía". Véase Prindle, David: *Stephen Jay Gould and the Politics of Evolution*, Prometheus Books, New York, 2009, p. 126. Traducción mía.

Rebelión en la ciencia

Lewontin y Levins (y Gould, Eldredge, Kamin, los Rose y muchos otros científicos) forman parte de un movimiento mayor, que se inicia en los años '60 del siglo pasado, resultado de un proceso que fue definido, por los protagonistas, como la "radicalización de la ciencia".[5] Es expresión del movimiento más amplio que, hacia la izquierda, se produce en el conjunto de las jóvenes generaciones obreras y pequeño-burguesas de Europa y EE.UU., que da cuerpo a la resistencia contra la guerra de Vietnam, al feminismo, a la lucha contra el racismo, a las guerras de liberación del Tercer Mundo y, finalmente, a la insurgencia obrera.[6] Es así que podemos encontrar sus nombres en el comité editorial de numerosas publicaciones de la época y en otras no menos numerosas asociaciones y agrupamientos que, básicamente, representan el despertar de estas capas sociales a la lucha.

El proceso político por el que transitan en esa época los científicos norteamericanos no es exclusivo de ellos. Por el contrario, atraviesa toda la sociedad "occidental". Así describen el cuadro a fines de los '60 dos representantes británicos de esta erupción:

---

[5]Recordemos que movimientos de este tipo se han suscitado en cada gran etapa revolucionaria mundial. Recuérdese, por ejemplo, en la influencia del comunismo entre los intelectuales y los científicos británicos de la década de 1930, como Haldane, Bernal, Waddington y Needham. En Londres, precisamente, se reunió el II Congreso internacional de ciencia y tecnología, en 1931, que causó un notable impacto y dio lugar a la publicación *Science at the Cross Roads*, presidida por Bujarin. Sobre este tema, véase Werskey, Paul: "British Scientist and 'Outsider' Politics, 1931-1945", in *Social Studies on Science*, nº 1, 1971.

[6]Un resumen del "clima" de la época en los medios universitarios puede verse en "La revuelta que marcó una época", de Darío Martini, prólogo a Draper, Hal: *La revuelta de Berkeley*, Ediciones ryr, Bs. As., 2014.

"En Gran Bretaña, la campaña contra la guerra química y biológica se desarrolló en forma de grupos de presión, con intentos de usar los medios de comunicación, hacer preguntas parlamentarias, persuadir a las ramas de los sindicatos a tomar resoluciones y urgir moralmente al científico a renunciar al trabajo sobre la CBW. En Estados Unidos el trabajo se centró en concientizar sobre la naturaleza de sus productos a los obreros de dichas plantas, que diseñaban y fabricaban armas de fragmentación para ser utilizadas en Vietnam. En Japón, la campaña en torno al envenenamiento por mercurio en Minamata implicó una movilización radical dentro de las comunidades que estaban directamente en peligro por el contaminante."[7]

Sin embargo, los mismos autores sostienen que el "movimiento" es muy heterogéneo y, sobre todo, débil ideológicamente, resultando necesaria una "economía política de la ciencia en el capitalismo contemporáneo", capaz de dar cuenta de

"la proletarización de los trabajadores científicos, la cuestión de la ciencia natural como un generador de ideología, y de la ideología de la ciencia con su devaluación de todo el conocimiento no 'científico', su elitismo y las sutilezas de su particular forma de sexismo y racismo (...) la cuestión de la ciencia en el movimiento marxista revolucionario y, en particular, la experiencia de la Unión Soviética y China."[8]

---

[7]Rose, Hilary y Steven Rose: "Introducción", en Rose, Hilary y Steven Rose: *Economía política de la ciencia*, Editorial Nueva Imagen, México, 1979, p. 16. Este libro es un testimonio del proceso de "radicalización" de la ciencia. Incluye artículos de Hilary y Steven Rose, Hans Magnus Enzensberger, Mike Cooley y André Gorz, entre otros. Aquí se recoge el texto cuyo título resume este concepto, publicado originalmente en 1972 en *Socialist Register*. Una reevaluación de lo actuado a lo largo de la década se publica, también en *Socialist Register* en 1979 ("Radical Scientist and its Enemies").

[8]Ibid., p. 17-18.

Es una época en la que muchos científicos se niegan a participar de la producción del conocimiento sin poder incidir en las consecuencias de su uso, en la que se producen tomas de laboratorios, se cuestiona la organización de la ciencia en las universidades y hasta se realizan huelgas de auxiliares de investigación.[9] Surgen entonces agrupamientos como Ciencia para el pueblo y Ciencia por Vietnam, que nuclean a científicos "de izquierda" en un sentido muy amplio, ligados a una serie de problemáticas específicas, pero de un modo más bien laxo.[10]

Ciencia para el pueblo, por ejemplo, tuvo su nacimiento en relación a la guerra de Vietnam. Comenzó en EE.UU. y luego se propagó por Europa y América Latina, a fines de los años '60. Publicó la revista del mismo nombre en 1970 hasta los años '80. Luego se hicieron varios esfuerzos por revivir la experiencia, en particular, en Florencia, en 2002. El núcleo programático era la oposición al uso de la ciencia en la guerra. Participó con mucha energía en los debates contra la sociobiología y el racismo. Entre los fundadores y participantes destacados figuran los biólogos Stephen Jay Gould, Richard Lewontin, Richard Levins, Jon Beckwith, Anne Fausto-Sterling y Chandler Davis, en EE.UU., y Hilary y Steven Rose, en Inglaterra.

---

[9]Lévy-Leblond, Jean Marc: *La ideología de/en la física contemporánea*, Anagrama, Barcelona, 1975.

[10]Hillary y Steven Rose alertaron sobre la falta de programa claro del "movimiento" crítico en la ciencia, como de una tendencia subjetivista que podía derivar en la dispersión de la energía tanto como en una reflexión anti-científica. En este último punto, Hillary Rose se adelantaba a lo que luego iba a culminar en el postmodernismo. Véase su artículo "Hiper-reflexivity: A New Danger for the Counter-movements", en Nowotny, Helga and Hillary Rose: *Counter-movements in the Sciences*, Reidel Publishing Company, London, 1979. Esta idea, en forma más desarrollada, puede verse en el artículo publicada por ella y Steven Rose en 1979, mencionado en la cita más arriba.

El movimiento americano comenzó con una huelga de científicos en el MIT de Cambridge, en marzo de 1969. Rápidamente se dio el nombre por el que sería conocido, editando manifiestos contra la "neutralidad" científica. En uno de ellos proclaman que la

"ciencia en la sociedad estadounidense no es políticamente neutral. ¿Qué ciencia y qué científico puede ser independiente del sistema social y económico que le financia, establece las prioridades, establece las preguntas importantes, y determina la utilización de su trabajo? El control por parte de las burocracias gubernamentales y corporativas sirve tan sólo a unos pocos. En EE.UU. vemos cómo la ciencia se utiliza para desarrollar las herramientas tecnológicas e ideológicas que precisan las personas en el poder para mantener su poder. ¿Participan en alguna ocasión los científicos o las personas a quienes afecta la ciencia en el establecimiento de que hay que hacer? (...) Ciencia para el pueblo significa conocimiento para el pueblo y, a través de ese conocimiento, la acción."[11]

Científicos ligados al movimiento participaron en las principales controversias de la época, en particular, contra la sociobiología. Es en el marco del movimiento que se forma, a instancias de Jon Beckwith, el Grupo de estudio de la sociobiología, del que hablaremos más adelante, con Richard Lewontin, Richard Levins, Stephen Jay Gould, Ruth Hubbard, Tony Leeds y Lila Lebowitz, en 1975.

En Inglaterra el movimiento de científicos dio lugar a la formación de la British Society for Social Responsibility in Science (BSSRS), en cuyo nacimiento estuvieron presentes intelectuales de la talla de A. J. Ayer, Bertrand Russell, Julien Huxley y J. D. Bernal,

---

[11]Texto reproducido de un folleto de 1975 de Science for the People de Boston. Citado por Benach, Joan y Carles Muntaner, "Ciencia para el pueblo", en ***Rebelión***, 13/03/12.

incluyendo a premios Nobel como Francis Crick, Lawrence Bragg y Maurice Wilkins, que fue el primer presidente de la asociación. Editó regularmente *Science for People*.[12]

La batalla por la dialéctica

La tesis central de *El biólogo dialéctico* es que el presupuesto ontológico que ha guiado la ciencia desde Bacon y Descartes, obliga a los científicos a pensar de una forma que, finalmente, sostiene el statu quo. La ontología cartesiana conlleva a una posición claramente reduccionista de la ciencia: se analiza un objeto, es decir, se lo parte en pedazos, se examina la función de estas piezas y luego se agrega el funcionamiento para entender la totalidad. Así, la totalidad es la suma simple de las partes. De allí su crítica al determinismo genético: la sociedad es considerada una simple sumatoria de individuos, los individuos una sumatoria de células, las células, finalmente, el continente del ADN. Conclusión: lo que cada individuo es en la sociedad, pobre, rico, dirigente, dirigido, etc., etc., está genéticamente determinado. Entonces, una ciencia ontológicamente conservadora da como resultado una política conservadora. La ciencia "cartesiana" es una ciencia conservadora y produce una política a su medida.

La batalla por la dialéctica es, entonces, una batalla ontológica, pero sobre todo política. Levins y Lewontin dan testimonio, en este libro, de la continuidad de una lucha teórica y práctica. *Teórica*, en tanto interna a la disciplina de la que son especialistas; *práctica*, en tanto participantes de los enfrentamientos políticos de su tiempo. Empecemos por los combates contra el "adaptacionismo" y la sociobiología.

Quizás menos conocido por el gran público, pero de una influencia enorme dentro de la disciplina, el artículo de Gould y

[12]Estos datos pueden encontrarse en el site de la Asociación, en internet.

Lewontin sobre el "adaptacionismo" resulta central a la hora de comprender las características de la forma en que los autores de este libro conciben la biología.[13] En efecto, Gould y Lewontin comienzan señalando que lo que ellos llaman el "programa adaptacionista", que domina la biología desde comienzos de los años '30, defiende dos puntos nodales: 1. que el medio es pasivo y se limita a poner obstáculos a los organismos; 2. que estos son divididos en partes en lugar de ser considerados como totalidades. El programa adaptacionista consiste, entonces, en entender a qué obstáculos representa una solución la evolución de tal o cual parte. El resultado es una concepción ontológica que presupone que los organismos no pueden cambiar el medio, que éste es fijo y que, finalmente, la evolución es una confirmación del statu quo en un universo estático en el que cada parte es como debe ser. La adaptación se vuelve el único elemento que explica el cambio evolutivo, en contra del pluralismo darwiniano. Gould elige la figura del "spandrel" (en castellano "enjuta" o "albanega", esta última, palabra de origen árabe), para exponer una idea original de Lewontin: que hay subproductos, resultados no seleccionados, del proceso evolutivo, que no tienen, necesariamente, valor adaptativo. Resultados no adaptativos que, a la postre, pueden tener un lugar determinante en la evolución. Es decir, se introduce aquí el problema del azar.

Veamos con detalle el ejemplo. Las enjutas son el resultado secundario de un problema planteado a los arquitectos medievales y renacentistas: cómo hacer encajar un domo (es decir, una estructura circular), en un soporte cuadrado o rectangular. Ese espacio surge sólo, como subproducto de la solución elegida, no fue creado

[13] "The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm. A Critique of the Adaptationist Programme", in Sober, Elliot: *Conceptual Issues in Evolutionary Biology*, Bradford Books, Massachusetts, 2006. El artículo original fue publicado en 1979 en *Proceedings of the Royal Society of London*, Series B, Vol. 205, nº 1161 (1979), pp. 581-598.

especialmente para poner allí más imágenes. Pero una vez que allí están las enjutas, ¿por qué no utilizarlas como soporte gráfico? Dicho de otro modo: la adaptación no lo explica todo, no es la única fuerza operante en la evolución. Es más, puede conducir a problemas falsos y a soluciones más falsas aún. Como el "canibalismo" entre los aztecas, atribuido a la necesidad de proteínas...[14] Se elimina el "accidente" o la "exaptación", un concepto desarrollado posteriormente por Gould y Vrba: al estilo de Pangloss, el célebre personaje de Voltaire, todo obedece a alguna razón. O lo que es lo mismo, no hay historia. La evolución resulta ser una fuerza optimizante perfecta: cada parte se explica por su funcionalidad a la hora de responder a un problema particular.

Al no observar la totalidad, el paradigma panglossiano no observa ni las resistencias a la "optimalidad", ni las fuerzas que provienen del conjunto del organismo, que crean todo el tiempo resultados secundarios que solo tienen explicación por la dinámica de la totalidad. Inversamente, el paradigma panglossiano sostiene que, si la optimización de la parte no se cumple, ello se debe a la colaboración con la optimización de la totalidad (el organismo), con lo cual, lo "malo", se resume en una "bondad" superior. O lo que es lo mismo, no hay mal que por bien no venga. Se entiende el carácter conservador de esta concepción de la biología. Finalmente, las desigualdades humanas son el resultado subóptimo de la perfección de la humanidad. Puede concluirse, entonces, que para que la humanidad como tal sea libre, resulta necesario que algunos de sus individuos vivan como esclavos.

[14] O, para dar un ejemplo local, Golombek, Diego: *Las neuronas de dios*, Siglo XXI, Bs. As., 2015. Puesto que la religión existe, debe tener algún valor adaptativo, luego, se debe poder encontrar su base genética... Véase la crítica de Mónica Contreras, "Chamuyo, industria argentina", en *El Aromo*, nº 83, dic. 2015.

No obstante su conclusión directamente política, el texto de Gould y Lewontin se concentra en las consecuencias que para la investigación biológica tiene el paradigma criticado. En *El biólogo dialéctico*, en particular, en el segundo capítulo, podemos observar la misma idea, pero desarrollada hasta sus últimas consecuencias. Precisamente, en esta crítica a la ontología adaptacionista se encuentra la clave conceptual en la que se apoya la crítica más general a toda forma de reduccionismo. En este libro, dicha crítica se concentra en la sociobiología, pero fuera del campo biológico, podríamos encontrar muchos más "Pangloss", incluso en el marxismo. Basta pensar en el determinismo marxista en economía (por dar un ejemplo: "si hay lluvia, hay renta agraria, si hay renta agraria hay peronismo, luego, si llueve no hay revolución socialista que valga..."), para entender por qué *El biólogo dialéctico* no les habla solo a los biólogos...

La sociobiología se desarrolla a comienzos de la década de los 70 como consecuencia de la publicación de Edmund Wilson que lleva, precisamente, ese título.[15] Sus tesis centrales, completadas luego por la intervención de Richard Dawkins, afirman sencillamente que la violencia, la guerra, el sexismo, las diferencias sociales, son el resultado de determinaciones biológicas.[16] Como mencionamos más arriba, rápidamente se armó un grupo, promovido por Jon Beckwith, para cuestionar las tesis del libro, grupo que incluyó a Levins y Lewontin. Los dieciséis miembros firmaron un artículo para la *New York Review of Books*, en el que afirmaban que la sociobiología era un nuevo capítulo en la historia del determinismo biológico, que Wilson no hacía más que expresar

[15] Wilson, Edward O.: *Sociobiología*. Ediciones Omega, 1980. Se admite, sin embargo, la influencia de predecesores como Konrad Lorenz, reconocido por sus aportes a la etología y, también, como simpatizante del nazismo.

[16] Dawkins, Richard: *El gen egoísta. Las bases biológicas de nuestra conducta*, Salvat, Barcelona, 1985.

sus prejuicios ideológicos cuando elegía sus ejemplos y decidía qué conductas eran adaptativas y cuáles no, y que sus conocimientos sobre la prehistoria humana dejaban mucho que desear a los antropólogos.[17] La crítica que generó más escándalo fue la asociación de la sociobiología con la eugenesia norteamericana y el nazismo. Un elemento que tiene particular relevancia en el debate es el que, por ese entonces, se comenzaba a reagrupar la derecha europeo-norteamericana bajo la forma de "Frente Nacional", un proceso que culminaría con la llegada de Thatcher y Reagan al poder. En ese contexto, la sociobiología aparece como fundamentación de ideologías reaccionarias. El combate sería largo, porque la "nueva disciplina" no haría más que ganar adeptos. En consecuencia, el Grupo de estudio de la sociobiología permanecería activo durante más de una década.[18]

---

[17]Véase, por ejemplo, Sahlins, Marshall: *Uso y abuso de la biología. Una crítica antropológica de la sociobiología, Siglo XXI*, Madrid, 1998. La edición original es de 1976.

[18]Sería largo reseñar aquí todo el debate, como los que siguieron luego contra la sicología evolutiva y Richard Dawkins o la controversia en torno al Proyecto Genoma Humano, además de que escaparía a la función de este prólogo. Remitimos al lector a un relato de primera mano, el de Jon Berckwith, *Making Genes, Making Waves*, Harvard University Press, Cambridge, 2002. Una mirada global de estos problemas en relación a la obra de Stephen Jay Gould, puede verse en el texto de Prindle ya citado. Desde una perspectiva simpática para con Wilson y Dawkins, Ullica Segerstråle: "Politics by Scientific Means and Science by Political Means: Trojan Horses in the Sociobiology Debate", *Science Studies*, Vol. 13(2000) nº 1, 3–18 y *Defenders of the Truth: The Battle for Science in the Sociobiology Debate and Beyond*, Oxford University Press, Oxford, 2000. Un buen resumen es Schoijet, Mauricio: "La sociobiología", en *Sociológica*, Universidad Autónoma Metropolitana, Año 8, nº 23, set-dic de 1993. Esta disputa con las tendencias reduccionistas es, como se expresó más arriba, una controversia internacional. Tal vez uno de los puntos de llegada de este esfuerzo fue la Conferencia de Bressanone, Italia, en marzo

En *El biólogo dialéctico* se encontrará también un balance de una de las experiencias más "incómodas" para todo marxista, en particular, para aquellos dedicados a la disciplina practicada por Levins y Lewontin. Nos referimos al "affaire" Lysenko. En efecto, la experiencia desarrollada en la agricultura soviética por la "escuela" dirigida por Trofim Lysenko, identificada claramente con el stalinismo, postulaba una condena completa al desarrollo de los genetistas "occidentales", la apología de la "práctica" sobre la "teoría" y la represión lisa y llana de los opositores intelectuales (se acusa directamente a Lysenko por la muerte de un reconocido genetista, Nikolai Vavílov). El "affaire" comenzó en el seno del comunismo francés en agosto de 1948 y constituyó en una serie de violentos intercambios, que fueron el telón de fondo de la crisis de toda una capa de intelectuales en relación al stalinismo primero, al Partido después y, por último, al marxismo. El caso de Jacques Monod, futuro Premio Nobel, tal vez sea el más representativo.[19]

---

de 1980. Allí se forma el Dialectical Biology Group. En la conferencia están presentes nuestros autores y unos cincuenta participantes de Europa, Estados Unidos y Australia, en la que abogan por el despliegue de la perspectiva dialéctica en la ciencia.

[19]Monod, biólogo de renombre por sus trabajos sobre genética, va a hacer de este asunto un eje de su carrera "pública" y la base de su abjuración del marxismo. En el clima de la Guerra Fría, se transformará en un verdadero ideólogo anti-soviético. No solo tomó posición contra Lysenko en la controversia, sino que luego prologaría la edición francesa de *The Rise and Fall of T.D. Lysenko*, de Zhores Medvedev (Columbia University Press, New York, 1969), primera historia crítica del lysenkoísmo surgida en la URSS por un biólogo genetista. Escribió un libro que sintetizaría su posición filosófica que se convertiría en un best-seller, *El azar y la necesidad* (Planeta-Agostini, Barcelona, 1993), donde acusa al marxismo y la dialéctica de "animismo". Véase *Del idealismo 'físico' al idealismo 'biológico'*", Cuadernos Anagrama, Barcelona, 1972. Contiene la lección inaugural de Monod en la cátedra de Biología del Collège de France y dos textos críticos de Althusser y Piaget.

Lysenko había desarrollado, durante los años '20, una serie de técnicas agronómicas (como la "vernalización") que permitían cierto éxito en la siempre difícil agricultura rusa. Con esos resultados "prácticos" y la fama que ellos le dieron entre la burocracia soviética y los técnicos agrónomos preocupados por el día a día, construyó un enorme poder, que se afianzó luego durante el stalinismo. Llegó incluso a desafiar a los genetistas mendelianos, es decir, a lo que se afianzó durante el siglo XX como la ortodoxia de la disciplina nivel mundial, acorralando a sus contrincantes locales, a quienes fácilmente acusaba de "agentes" de la burguesía y de la ciencia "extranjera". Tuvo un eco importante en el exterior como propagador de una especie de neolamarkismo que ponía eje en la posibilidad de inducir la herencia de los caracteres adquiridos. Finalmente, luego de su apoteosis en 1948, cuando anuncia un plan general para la reconstrucción del conjunto de la agricultura soviética, comienza lentamente su declive, a pesar del espaldarazo dado por el propio Stalin a su tendencia. Hacia fines de los '50 su estrella se había apagado y la genética avanzada volvía a reinar en la URSS.

Asociado con el stalinismo, resulta fácil ver el ascenso y la caída de Lysenko, así como el conjunto de su aventura, como uno más de los crímenes de Stalin. Las primeras "historias" del lysenkoismo fueron decididamente en este sentido.[20] Una de las consecuencias de esta perspectiva es la interpretación errónea tanto de la experiencia de Lysenko como de la de Stalin. Se olvida de la existencia de un movimiento social detrás, de la historia de la intelligentzia rusa en general y de la soviética en particular, y de un conjunto de problemas objetivos del que todos los participantes de la revolución son conscientes y para los que no tienen soluciones

[20]Véase el texto de Medvedev ya citado y el de Joravsky, David: *The Lysenko Affaire*, Harvard University Press, 1962. Una perspectiva más que interesante sobre el movimiento lysenkoísta y su relación con la intelligentzia soviética es Lecourt, Dominique: *Proletarian Science?*, NLB, 1977.

demasiado diferentes a las implementadas por Stalin. Finalmente, se transforma a éste último en una especie de demonio omnipotente que mueve a voluntad todos los hilos del drama a espaldas de los protagonistas.[21] Es decir, se simplifica de forma brutal la historia completa de un país y de un evento de alcances mundiales como la Revolución rusa.

Pero hay un punto tal vez más importante en esta discusión: al repudiarse el lysenkoísmo sin colocarlo en tiempo y espacio, se tira el bebé con el agua sucia. En este caso, el bebé es la dialéctica de la naturaleza y el carácter de clase de la ciencia. Es en relación a estas cuestiones que el capítulo que Levins y Lewontin dedican al tema resulta un aporte sustantivo, no solo a la evaluación del lysenkoísmo, sino sobre todo a la comprensión de uno de los problemas más importantes de la revolución: la agricultura rusa. En efecto, las tribulaciones de las autoridades bolcheviques, desde Lenin a Kruschev, en relación a los vaivenes de la producción agrícola, han dado pie a las más fantásticas especulaciones. Aquí veremos una evaluación seria del asunto, que permite volver a pensar una parte significativa de la historia de la revolución.

Un punto muy relevante de la intervención política que constituye *El biólogo dialéctico*, es su análisis de la naturaleza de clase de la ciencia, punto difícil de asumir dentro de ciertos sectores de la tradición marxista. Tanto Marx como Engels han enfatizado en una doble condición propia de la ciencia: como parte de las fuerzas productivas, es causa y resultado objetivo del desarrollo de las capacidades humanas; por eso mismo, y en tanto vivimos en sociedades de clase, no escapa al determinismo que le imponen las características de la clase dominante. Dicho de otra manera: hay, un hecho universal, la ciencia; hay, al mismo tiempo, también una realidad

---

[21]Véase López Rodriguez, Rosana y Eduardo Sartelli: "Un largo y sinuoso surco rojo", prólogo a Trotsky, León: *Literatura y revolución*, Ediciones ryr, Bs. As., 2015.

histórica. Esta complejidad del problema, frecuentemente ignorada en nombre, otra vez, de ese obstáculo epistemológico que es el "anti-stalinismo", encontrará en estas páginas un desarrollo indispensable, tanto a la hora de describir con detalle la subordinación de la producción científica a la acumulación de capital y los efectos que ello tiene en los países centrales y el Tercer Mundo, como del carácter de clase de la ciencia en su núcleo ontológico mismo.[22]

Un último punto, no por eso menos importante, es la perspectiva ecológica que los autores desarrollan, que busca simultáneamente resolver problemas medio-ambientales y sociales. Mostrando, entre otras cosas, que no existe lo uno sin lo otro. Y que todo depende, no solo de un análisis mucho más concreto y sutil de los problemas, sino sobre todo de los intereses que se defiende.

---

[22]Volvemos sobre este punto en "Una estrella errante", prólogo a Bogdanov, Alexander: *Estrella roja*, Ediciones ryr, Bs. As., 2016.

Para seguir...

La bibliografía sobre los temas tratados en este libro es muy extensa, sobre todo aquella que vincula la biología con la vida social. Conviene empezar por una historia de la ciencia, que contextúe el surgimiento de la teoría de la evolución y la intervención darwiniana. Recomendamos:

Bernal, John D.: *La ciencia en la historia*, Editorial Nueva Imagen, México, 1981.

Sobre el propio Darwin, véase

Huxley, Julian y Kettlewel, H.: *Darwin*, Salvat, Barcelona, 1984.

Obviamente, es necesario leer el evento central de la historia de la biología,

Darwin, Carlos: *El origen de las especies*, Porrúa, México, 1992.

Esta edición tiene la virtud de venir acompañada de una introducción de Richard Leakey, uno de los responsables por el gigantesco avance producido en el estudio de la evolución humana. Otro clásico necesario es

Oparin, A.: *El origen de la vida*, Fontana, Barcelona, 1998.

Sobre el punto "evolución", no está de más consultar un par de libros de divulgación, fáciles de leer y muy interesantes:

Cavalli-Sforza, Luca y Francesco Cavalli-Sforza: *¿Quiénes somos? Historia de la diversidad humana*, Crítica, Barcelona, 1994.

Angela, Piero y Alberto Angela: *La extraordinaria historia de la vida*, Grijalbo, Barcelona, 1999.

En general, todo lo que se puede decir sobre "evolución" en clave de divulgación, puede ser encontrado en los libros de uno de los compañeros de los autores de este libro, el famosísimo Stephen Jay Gould. Citamos unos pocos:

Las piedras falaces de Marrakech, Crítica, Barcelona, 2000.
La sonrisa del flamenco, Crítica, Barcelona, 1995.
El pulgar del panda, Crítica, Barcelona, 1994.
La vida maravillosa, Crítica, Barcelona, 1991.

También,

Rossi, María y Luciano Levin: *Qué es (y qué no es) la evolución. El círculo de Darwin*, Siglo XXI, Bs. As., 2006.

Por supuesto, para una lectura especializada, otra vez, de Stephen Jay Gould:

La estructura de la teoría de la evolución, Tusquets, Barcelona, 2004.

Para acercarse al problema de la vinculación entre darwinismo y política, véase

Barnet, S.: *Un siglo después de Darwin*, Alianza, Madrid, 1982.
Castrodeza, Carlos: *Ortodoxia darwiniana y progreso biológico*, Alianza, Madrid, 1988.

Sobre el uso político de la teoría de la evolución, puede repasarse al fundador de la ciencia "nazi" por excelencia, la eugenesia,

Galton, Francis: *Herencia y eugenesia*, Alianza, Madrid, 1988.

Para explicaciones disparatadas, aunque no tan peligrosas, de la teoría de la evolución, puede leerse

Golombek, Diego: *Las neuronas de dios*, Siglo XXI, Bs. As., 2014.

Buena parte de la discusión de *El biólogo dialéctico* tiene que ver con el rechazo al determinismo, tal cual se expresa en

Dawkins, Richard: *El gen egoísta. Las bases biológicas de nuestra conducta*, Salvat, Barcelona, 1985 y

Wilson, Edward O.: *Sociobiología*. Ediciones Omega, 1980.

Contra ese tipo de extremismos y, en particular, contra el uso reaccionario de generalizaciones no científicas de la teoría de la evolución, tanto los autores como otros miembros del grupo "Science for the People", han escrito abundantemente:

Lewontin, R. C.: *No está en los genes. Racismo, genética e ideología*, Crítica, Barcelona, 1987.

Rose, Hilary y Steven Rose: *Economía política de la ciencia*, Nueva Imagen, México, 1979.

Kamin, Leon: *Ciencia y política del cociente intelectual*, Siglo XXI, Madrid, 1983.

Gould, Stephen Jay: *La falsa medida del hombre*, Crítica, Barcelona, 1996.

Obviamente, la genética ocupa un lugar relevante en toda discusión actual sobre biología y política. Sobre eso puede verse

Ho, Mae-Wan: *Ingeniería genética: ¿sueño o pesadilla?*, Gedisa, Barcelona, 2001.

Jordan, Bertrand: *Los impostores de la genética*, Península, Barcelona, 2001.

Para ilustrarse un poco sobre la ciencia en la URSS, que en este libro se toca en relación a Lysenko, véase

Sagdeev, Roald: *Aventuras y desventuras de un científico soviético*, Alianza Editorial, Madrid, 1996.

Por supuesto, no puede faltar en la biblioteca:

Lewontin, Richard: *El sueño del genoma humano y otras ilusiones*, Paidós, Barcelona, 2001.

Prefacio

Este compilado se produce por razones teóricas y prácticas. A pesar de los extraordinarios éxitos del reduccionismo mecanicista en la biología molecular, empezó a crecer un descontento, en los últimos veinte años, en relación a la pretensión de que esta sea una visión universal de la verdad. En psicología y antropología, y especialmente en ecología, evolución, neurobiología y biología del desarrollo, donde el programa cartesiano fracasó, escuchamos cada vez más demandas de una postura epistemológica alternativa. Las teorías holísticas, estructuralistas, jerárquicas y de sistemas ofrecen modos alternativos de explicar el mundo, formas de escapar al callejón sin salida al que el reduccionismo nos ha llevado. Sin embargo, al mismo tiempo, *ha surgido* una tradición intelectual activa y productiva, la dialéctica, que cada vez es más conocida.

Ignorada y suprimida por razones políticas, entre otras cosas por la aplicación tiránica del *diamat* estalinista estéril y mecánico, el término *dialéctica* ha tenido solo connotaciones negativas para la mayoría de los intelectuales, incluso para los de izquierda. Noam Chomsky una vez nos señaló a uno de nosotros, que lo acusamos en una conversación de no ser lo suficientemente dialéctico, que él despreciaba el término y que, en el mejor de los casos, la dialéctica era solo una forma de decir "correctamente pensado." La

dialéctica es nuevamente aceptada, *incluso* está de moda entre los intelectuales, ahora que las antiguas batallas políticas han sido relegadas a la memoria lejana. En su resurgimiento en psicología, antropología y sociología, las escuelas dialécticas remontan sus orígenes hasta Hegel. En biología, una escuela de análisis dialéctico se autoproclama como surgida de Marx, más que de Hegel. Su manifiesto, publicado en la Conferencia de Bressanone de 1981 por el Grupo Dialéctica de la Biología, comienza "Una extraña enfermedad ha afectado la tradicional filosofía de la mente occidental." La Conferencia de Bressanone mostró el poder del análisis dialéctico como crítica del estado actual de la teoría biológica, pero también abrió las puertas para la construcción futura de la aplicación de la dialéctica a los problemas particulares e, incluso, produjo una declaración explícita de lo que comprende un método dialéctico.[1]

Como biólogos, que hemos trabajado conscientemente de manera dialéctica por muchos años, sentimos la necesidad de mostrar la fuerza de la visión dialéctica en la biología, con la esperanza de convencer a otros y reorientar su postura intelectual. Los ensayos de este libro son el resultado de una camaradería política e intelectual de larga data. Comenzó en la Universidad de Rochester, donde trabajamos juntos en la genética de poblaciones a nivel teórico y adoptamos diferentes puntos de vista en relación a la conveniencia de combinar el trabajo mental y manual (una cuestión en la que ahora estamos de acuerdo). Más tarde, trabajando juntos en la Universidad de Chicago y ahora en Harvard, en Ciencia por Vietnam y Ciencia para el Pueblo, hemos tenido desacuerdos más o menos importantes en relación a las estrategias y tácticas políticas e intelectuales. Pero al mismo tiempo, ya sea de forma individual o colectiva, trabajamos de un modo dialéctico. Cada uno de nosotros publicó un libro por separado, que es dialéctico en sus

---

[1]Sobre la Conferencia de Bressanone, véase el prólogo a esta edición (N. del E.).

explicaciones, en la formulación del problema y en el análisis de la solución.[2] Creemos que el considerable impacto de estos libros, uno en ecología y el otro en biología evolutiva, es la confirmación del poder del análisis dialéctico. Tanto juntos como separados, publicamos decenas de ensayos, aplicando el método dialéctico, a veces aludiendo de manera explícita o implícita a cuestiones políticas y científicas y a la relación entre ambas. Ciertamente, nos alineamos en un enfoque dialéctico marxista en el que las cuestiones políticas y científicas están interconectadas de forma intrincada y relacionadas de manera directa.

Este libro es una colección de ensayos escritos en varios momentos y para distintos propósitos y deben ser considerados por el lector de esta manera. Excepto por su agrupación en categorías generales, los capítulos no siguen un orden establecido. El material de algunos ensayos es recapitulado en otros. El libro no sigue un desarrollo lógico único desde la primera a la última página, sino que está destinado a ser una muestra de una forma de pensamiento. Por eso lo llamamos *El biólogo dialéctico* y no *Biología dialéctica*, que daría la idea de un proyecto único y coherente, y no es esa nuestra intención.

Los ensayos que hemos seleccionado reflejan una preocupación puramente práctica. A lo largo del tiempo, la mayoría de las cosas que *escribimos* fueron traducidas a otros idiomas, además del inglés, pero las publicaciones no fueron muy leídas por los biólogos. Enviamos muchas veces fotocopias de manuscritos a personas que nos las pedían porque habían escuchado el rumor de que existían o para pedirnos nuestra postura sobre algún tema. Por eso nos parece necesario reunir esa colección en un mismo lugar, especialmente cuando pasaron a representar la mejor expresión de un punto de

---

[2]Levins, Richard: *Evolution in changing environments*, Princeton University Press, 1968; Lewontin, Richard: *Las bases genéticas de la evolución*, Ediciones Omega, Madrid, 1979.

vista en particular. Entonces tuvimos la oportunidad de editarlas. Para la mayor parte de los textos, los cambios realizados son triviales, pero en algunos casos actualizamos la información o agregamos algunos párrafos para reforzar el argumento. En un solo caso eliminamos una gran parte de material didáctico irrelevante.

Luego de recolectar los ensayos, nos sentimos insatisfechos. La recopilación *ilustraba* el método dialéctico, pero no explicaba qué era la dialéctica. Puesto que el libro está diseñado para ser leído por cartesianos insatisfechos, ¿no deberíamos declarar explícitamente nuestra visión del mundo? Excepto en el capítulo "El problema del Lysenkoismo", no tocamos el tema. Entonces decidimos escribir un capítulo sobre la dialéctica y descubrimos que luego de veinticinco años de colaboración ¡nunca lo habíamos discutido sistemáticamente! El capítulo final es un intento de hacer explícito lo que está implícito en nuestra comprensión. Es solo un primer intento. Como en todo, se irá desarrollando en el futuro como consecuencia de nuestras propias contradicciones.

Queremos expresar nuestro agradecimiento a Michael Bradie, cuya *crítica* severa mejoró notablemente el último capítulo. También, estamos inmensamente agradecidos a Becky Jones, quien nos ayudo a ordenar y hacer manejable el caos de manuscritos, revisiones y agregados que teníamos.

Introducción

La visión de la naturaleza que predomina en nuestra sociedad surge a partir del carácter cambiante de las relaciones sociales de los últimos seiscientos años. Comenzando, de manera esporádica, en el siglo XIII y culminando con la revolución burguesa de los siglos XVII y XVIII. La estructura de la sociedad pasó de una en la que las cualidades y acciones de los individuos estaban definidas por la posición social, a una en la que, al menos en principio, las actividades individuales determinan su relación social. El cambio de un mundo feudal, en el que los clérigos y los hombres libres, comprometidos en un intercambio, estaban sujetos a las leyes y jurisdicciones de su señor, a un mundo en el que los compradores y vendedores se enfrentan entre ellos, se definen por una transacción y están sujetos a la misma ley de mercado. De un mundo en el cual las personas estaban unidas inalienablemente a la tierra y viceversa, a un mundo en el que a cada persona le pertenece su fuerza de trabajo y debe venderla en un mercado competitivo. Este cambio redefine las relaciones entre los individuos y la sociedad.

La ideología sobre lo social propia de la sociedad burguesa es que el individuo es ontológicamente anterior a la sociedad. Los individuos son considerados átomos sociales que se mueven libremente, cada uno con sus propiedades intrínsecas, creando interacciones

sociales a medida que colisionan en el espacio social. En esta visión, si uno quiere comprender la sociedad, debe comprender las propiedades de los individuos que la "forman". La sociedad como un fenómeno es el resultado de las actividades individuales de los seres humanos individuales.

De manera inevitable, las personas ven a la naturaleza física como un reflejo de las relaciones sociales en las que están sumergidas. Una ideología burguesa de la sociedad se va a traducir en una visión burguesa de la naturaleza. Esta visión se hace explícita en el siglo XVII en el *Discurso* de Descartes y es la que domina actualmente. En un mundo cartesiano, es decir, el mundo como un reloj, los fenómenos son la consecuencia de la reunión de las partes atómicas individuales, cada una con sus propiedades intrínsecas, determinando el comportamiento del sistema como una totalidad. Líneas de causalidad van desde las partes al todo, del átomo a la molécula, de la molécula al organismo y del organismo a la comunidad. Como en la sociedad, también en la naturaleza las partes son ontológicamente anteriores al todo. Debemos preguntarnos si en la interacción surgen nuevas propiedades, si "el todo es más que la suma de las partes". Pero este problema epistemológico aparece sólo porque partimos de un compromiso ontológico cartesiano de la prioridad de las partes sobre el todo.

A veces, el reduccionismo cartesiano es denominado "método cartesiano," para describir una manera de investigación que consiste en fragmentar el mundo en partes y piezas (a veces solo a nivel conceptual) y reconstruir las propiedades del sistema a partir de las partes así producidas. Pero el cartesianismo es más que un simple método de investigación, es un compromiso con la visión de cómo son realmente las cosas. El método reduccionista cartesiano se utiliza porque se considera que tiene la misma forma que la estructura causal de la realidad, en oposición a las series Taylor o Fourier, que son simplemente ficciones matemáticas que nos permiten representar relaciones matemáticas complejas como sumas de términos

simples. El reduccionismo cartesiano como método ha tenido un enorme éxito en la física, en la química y en la biología, especialmente la molecular, por lo que se actúa como si el mundo fuera como el método. Pero esta confusión del reduccionismo como estrategia de investigación con el reduccionismo como ontología es equivalente a decir que una onda cuadrada es, en realidad, la sumatoria de una gran cantidad de ondas sinoidales porque puedo representarlas con niveles arbitrarios de precisión. En la práctica real, el reduccionismo como metodología y como forma de ver el mundo se recrean mutuamente. Una metodología reduccionista, como el análisis de varianza, el mecanismo estadístico más ampliamente usado y poderoso que existe, le asigna pesos a los "efectos principales" de causas separadas y luego interacciones de "primer orden", "segundo orden", "tercer orden", etc. como una especie de contabilidad tautológica, como extrapolando una función en una serie de Taylor. Una vez hechos estos malabares numéricos, los científicos de las ciencias naturales (y sociales) reifican los componentes numéricos como fuerzas objetivas con una real interacción física (Ver los capítulos 4, 5 y 6). Consecuentemente, los científicos construyen la base para nuevos nálisis con el mismo método, ya que, después de todo, *ha quedado demostrado*, por el análisis previo, que existen esos efectos principales.

El gran éxito del método cartesiano y de la visión cartesiana de la naturaleza es, en parte, resultado de un recorrido histórico caracterizado por la menor resistencia. Estos problemas, que ceden ante el ataque, se persiguen con mayor rigor, precisamente porque el método funciona. Se deja atrás otros problemas y otros fenómenos, protegidos por el muro del compromiso con el cartesianismo. Los problemas más difíciles no son abordados, por la sencilla razón de que la carrera de un científico brillante no se construye sobre el fracaso permanente. Entonces los problemas para comprender el desarrollo embrionario y psíquico y la estructura y función del sistema nervioso central permanecen en el mismo estado de entendimiento

que hace cincuenta años, mientras que los biólogos moleculares van de triunfo en triunfo describiendo y manipulando genes.

Una forma de romper con la opresión del cartesianismo es volver a mirar los conceptos de las partes y el todo. "Parte" y "todo" tienen una relación especial entre ellos, en la que uno no puede existir sin el otro, como "arriba" no puede existir sin "abajo". Lo que constituye a las partes está definido por el todo que está siendo considerado. Más aún, las partes adquieren propiedades en virtud de ser partes de ese todo en particular, propiedades que no tendrían en forma aislada o si fueran partes de otro todo. Pero como las partes adquieren propiedades por el hecho de estar juntas, le imparten nuevas propiedades al todo, que a su vez se reflejan en cambios en las partes y así sucesivamente. Las partes y el todo evolucionan como resultado de su interacción, y, además, la interacción evoluciona en sí misma. Estas son propiedades de las cosas que denominamos dialécticas: que una cosa no puede existir sin la otra, que una adquiere sus propiedades de sus relaciones con otras y que las propiedades de ambas evolucionan como consecuencia de su interpenetración.

La teoría de la evolución darwiniana es la quintaesencia de la revolución intelectual burguesa. Primero, es una teoría materialista que rechaza los ideales platónicos y los reemplaza por fuerzas reales entre objetos reales. Segundo, es una teoría del cambio contra la inacción, parte del compromiso del siglo XIX se comprometió con el cambio, lo que Spencer llamó "una necesidad benéfica". El evolucionismo como visión del mundo, la creencia de que todo el sistema natural y social está en constante estado de cambio, era el principio general, en el que la evolución orgánica era solo un ejemplo (históricamente tardío). Tanto el compromiso con el materialismo, como con la universalidad del cambio son parte de una visión dialéctica. Pero un tercer aspecto de la teoría evolutiva, la metáfora de la adaptación, es puramente cartesiana. Para Darwin, el organismo se adapta al cambio externo del mundo, que contiene

problemas que debe resolver a través de la evolución. El organismo y el ambiente existen de manera separada, con propiedades separadas. El ambiente cambia por procesos autónomos, mientras que el organismo cambia en respuesta al ambiente, del cual está alienado. Es el organismo como *objeto* alienado a las fuerzas externas lo que distingue al cartesianismo de Darwin de una visión dialéctica del organismo y el ambiente, en la que estos están compenetrados y son sujeto y objeto al mismo tiempo de los procesos históricos (ver los Capítulos 1, 2 y 3).

Cuando la gente habla de ciencia, se refiere a diferentes cosas. Pueden referirse al método de la ciencia, los experimentos controlados, la lógica analítica, a lo que puede "demostrarse científicamente". O puede referirse a los contenidos científicos sobre el mundo, los hechos, las teorías que produce el método científico, a lo que es "un hecho científico". O, tal vez, se refiera a la institución social de la ciencia, los profesores, las universidades, revistas y sociedades organizadas por personas para llevar a cabo el método científico y producir hechos científicos, a "hacer un carrera científica". Nadie puede negar que la ciencia como institución está influenciados por los fenómenos sociales, como el racismo o la estructura social de premios e incentivos. Muchas personas admitirían hoy que los problemas de la ciencia (qué preguntas van a ser pensadas y cuáles son las prioridades) también están influenciadas por los factores económicos y sociales. Y todos están de acuerdo en que los descubrimientos científicos, los hechos, tienen un profundo efecto en la sociedad, como lo muestra la bomba atómica.

Pero nada suscita más antipatía entre los intelectuales que la sugerencia de que las fuerzas sociales influyen, e incluso dictan, el método científico, los hechos o las teorías científicas. El análisis social cartesiano de la ciencia, como el análisis cartesiano en la ciencia, aliena la ciencia a la sociedad, transformando los hechos y métodos científicos en "objetivos", alejados de las influencias sociales. Nuestra visión es diferente. Creemos que la ciencia, en *todos*

los sentidos, es un proceso social que es causa y consecuencia de la organización social. Hacer ciencia es ser un actor social comprometido en la actividad política, nos guste o no. La negación de la interpenetración entre lo científico y lo social es en sí mismo un acto político, sosteniendo estructuras sociales que se esconden en la objetividad científica para perpetuar la dependencia, la explotación, el racismo, el elitismo y el colonialismo. Ningún ejemplo absurdo disminuye la verdad de este compromiso necesario. Por supuesto, que la velocidad de la luz es la misma bajo el socialismo y el capitalismo, y la manzana que se dice que cayó sobre una cabeza en 1664, hubiera golpeado al sucesor del Partido Laborista trescientos años después con la misma fuerza. Pero si se dice que la causa de la tuberculosis es un bacilo o la explotación de los trabajadores en el sistema capitalista o si la tasa de mortalidad a causa del cáncer se reduce estudiando oncogenes o controlando los factores cancerígenos, estamos frente a preguntas que se decidirán objetivamente sólo en el marco de ciertas presunciones sociopolíticas. La tercera sección del libro no es sobre los efectos de la ciencia en la sociedad o viceversa. Más bien, intenta mostrar cómo la ciencia y otros aspectos de la vida social se compenetran y mostrar por qué los científicos, conscientemente o no, siempre están de un lado o del otro.

Parte I

Sobre la evolución

Capítulo I

La evolución como teoría y como ideología[1]

[1]Este capítulo fue publicado por primera vez como "Evoluzione" en la *Enciclopedia Einaudi*, vol. 3, editado por Giulio Einaudi (Turín, Italia, 1977). Una extensa parte sobre los principios de los cambios genéticos evolutivos son omitidos en este libro. El presente texto es el original (en inglés) a partir del cual se realizó la traducción al italiano para la enciclopedia.

I. La ideología de la evolución

Si bien el concepto evolución surgió vinculado, de manera estrecha, a la evolución orgánica y a la historia de los seres vivos en la Tierra, la teoría de la evolución biológica es sólo un caso especial de una visión más general del mundo que puede ser calificada como "evolucionismo". La ideología del evolucionismo, desarrollada en los últimos doscientos años, se extendió a todas las ciencias, tanto sociales como naturales, incluyendo la antropología, la biología, la cosmología, la lingüística, la sociología y la termodinámica. Es una visión del mundo que relaciona jerárquicamente los conceptos de cambio, orden, dirección, progreso y tendencia a la perfección. Es necesario aclarar que no todas las teorías relacionadas a procesos evolutivos incluyen todos estos elementos. Las teorías de la evolución del mundo inorgánico, como la cosmología o la termodinámica, generalmente solo incluyen cambio y orden. Por su parte, las teorías biológicas y sociológicas incorporan la idea de progreso y tendencia a la perfección como resultado de la elaboración de su estructura teórica.

Cambio

Las teorías evolutivas, se refieran a fenómenos físicos, biológicos o sociales, son teorías del cambio. El estado presente de un sistema es considerado distinto de su estado pasado o futuro. Sin embargo, esta simple afirmación no implica, por sí misma, una forma evolutiva de ver el mundo. Luego de la amplia aceptación de las ideas evolutivas en el siglo XIX, se reconoció que ocurren cambios en los sistemas sociales y naturales, pero estos cambios eran considerados como alteraciones excepcionales de un universo normalmente estable y estático. En el mito de Noé y el diluvio universal, Dios interviene para destruir el mundo viviente y luego repoblarlo a partir de un puñado de seres vivos especialmente preservados para ese propósito. Este mito fue el prototipo de una teoría del cambio no evolutivo. Según esta visión, el mundo había sido especialmente creado, tanto en la forma social como natural, por la voluntad de Dios, y la organización de ese mundo era una manifestación de esa voluntad divina. De vez en cuando como resultado de dicha intervención, el estado del mundo era sometido a una alteración, a un cambio anormal que si no fuera por esto permanecía inalterado. Los descubrimientos fósiles cada vez más frecuentes, incrementándose en el siglo XIX, evidenciaban que habían aparecido nuevas formas de vida en diferentes épocas y que algunas de ellas se habían extinguido.

La respuesta a estos descubrimientos por parte de William Buckland (1836) fue representativa:

"en el curso de nuestra investigación, hemos encontrado pruebas abundantes, tanto del Comienzo como del Final de varios sistemas sucesivos de vida animal y vegetal, que nos obligan a atribuir sus orígenes a la acción directa de una Intervención Creativa. Consideramos este hecho innegable, como lo vemos en la transición de una Tierra poblada por un grupo de animales en un período, a una Tierra plagada de nuevas

formas de vida; una inconfundible manifestación del poder creativo que excede el funcionamiento de las leyes de la naturaleza conocidas."[1]

Por otra parte, el diluvio universal fue incluido como una sucesión de inundaciones en la teoría diluviana. Esta, a su vez, fue parte de una teoría general denominada catastrofismo, que incluyó tanto las inundaciones como los aluviones de lava en períodos de actividad volcánica. Paralelamente, en el campo de la organización social, se asumía que las clases habían sido fijadas por la voluntad divina, pero que en ocasiones, podían ocurrir cambios en el estatus social de los individuos. Estos movimientos en la escala social eran producto de la intervención de Dios o de sus representantes en la Tierra. Así, Carlos I gobernó *dei gratia*, pero como Oliver Cromwell observó, la gracia de Dios le fue retirada ante la evidencia de su cabeza decapitada.

No hay una diferencia fundamental entre una teoría que postula que el mundo fue poblado en un solo acto de creación a una que postula que hubo varios de estos eventos. Todas las teorías que consideran el cambio producto de la intervención ocasional de un poder superior o de una fuerza extraordinaria en un universo estático, son directamente opuestas a una visión evolucionista del mundo, que acepta el cambio como un rasgo característico y regular de los sistemas naturales y sociales. En esta visión uniformista, las únicas características del universo que no cambian son las leyes de cambio en sí mismas.

El uniformismo fue introducido por primera vez por el geólogo James Hutton en 1785 y difundida por Sir Charles Lyell en su *Principios de Geología* (1830).[2] Conforme a esta visión, los procesos geológicos de formación y erosión de las montañas, que son

---

[1]Buckland, W.: *Geology and mineralogy considered with reference to natural theology*, Bridgewater Treatises, Royal Society, London, 1836.
[2]Lyell, C. *Principles of geology*, London, John Murray. 1830

responsables de las características actuales de la tierra y han estado operando desde que el agua está presente en cantidades considerables, van a seguir operando a lo largo de la historia con las mismas consecuencias geotectónicas.

La teoría de la evolución orgánica asume que los procesos de mutación, recombinación y selección natural son las fuerzas impulsoras que actuaron desde el comienzo de la vida, incluso antes de su organización celular. Estas fuerzas seguirán siendo un rasgo característico de los organismos hasta la extinción del mundo viviente. Se supone que la vida en otras partes del cosmos exhibirá las mismas características dinámicas. El compromiso con una visión evolutiva del mundo es un compromiso con la inestabilidad y el constante movimiento del sistema en el pasado, el presente y el futuro. Ese movimiento se acepta como una característica esencial. En el siglo XVIII, con motivo de la naciente revolución burguesa, esta idea fue expresada por Diderot: "Tout change, tout pass, il n'y a que le tout qui reste" (todo cambia, todo pasa, solo la totalidad permanece).[3] En el siglo XIX, Engels expresó la ideología revolucionaria socialista: "El movimiento en su sentido más general, concebido como una modalidad o un atributo de la materia, abarca todos y cada uno de los cambios y procesos que se operan en el universo, desde el simple desplazamiento de lugar hasta el pensamiento".[4]

La aceptación, cada vez mayor, de la ideología del cambio como un rasgo esencial de los sistemas naturales fue una consecuencia necesaria de la alteración lenta pero profunda en las relaciones sociales europeas, que llamamos revolución burguesa. La sustitución de un mecanismo de adquisición del poder por la vía hereditaria a su obtención a partir de actividades empresariales, demandó una

---

[3]Diderot, Denis: *El sueño de d'Alembert*, Compañía Literaria, Madrid, 2002.

[4]Engels, Federico: *Dialéctica de la naturaleza*, Biblioteca Virtual UJCE, p. 47.

alteración de la ideología legitimadora, pasando de una ideología que proclamaba la estabilidad y la fijeza a otra de incesante cambio. La degradación de los últimos vestigios de la sociedad feudal, en la cual tanto el campesino como el señor estaban ligados a la tierra, se produce por el ascenso de los comerciantes, financistas y manufactureros, y el aumento del poder en Francia de la *noblesse de la robe* en paralelo a la vieja *noblesse de l'épée*.[5] Estos hechos eran contradictorios con una forma del ver el mundo que sostenía que los cambios de estado solo se producían de manera ocasional o inusual y como resultado de asignaciones desiguales de la gracia divina. De manera recíproca, una visión del mundo donde el cambio es un aspecto esencial de los sistemas naturales era inconcebible en una estructura social fijada por relaciones hereditarias. Los seres humanos ven el mundo natural como un reflejo de la organización social, ya que es la realidad dominante en sus vidas. Una visión evolucionista del mundo, que implica la naturalidad del cambio, es realmente compatible con una sociedad potencialmente revolucionaria.

Orden

A pesar de que el cambio es un factor necesario para una ideología evolucionista, no parece ser una característica suficiente para la mayoría de los teóricos evolutivos. Si barajamos un mazo de cartas, una y otra vez, la secuencia de cartas cambiará continuamente, sin embargo, en algún sentido nada está ocurriendo. Una secuencia al azar es tan probable como cualquier otra y los estados sucesivos no pueden ser descriptos excepto que las cartas estén numeradas. Para Bergson y Whitehead, por ejemplo, no hay evolución cuando

---

[5] "Nobleza de espada": aquella que en Francia pertenecía a la antigua nobleza que había alcanzado su posición mediante el servicio militar al rey, en oposición a la nueva "nobleza de toga" (*noblesse de la robe*), que provenía de la compra de cargos en el Estado. (N del E).

solo hay estados sucesivos de desorden, es necesario alcanzar un nuevo estado de organización para que esto ocurra. En *La ciencia y el mundo moderno*, Whitehead escribió:

"En la teoría materialista, la evolución queda relegada al papel de ser otra palabra para la descripción de los cambios de las relaciones exteriores entre porciones de materia. Nada hay para evolucionar, ya que una serie de relaciones externas es tan buena como cualquier otra serie de relaciones externas. Puede haber simplemente cambio, pero sin propósito ni progreso."[6]

La mayoría de las teorías evolutivas intentan describir los resultados de los procesos evolutivos en términos de una escala ordenada de estados y no como una lista exhaustiva de atributos. Por ejemplo, los organismos son descriptos como más o menos complejos, más o menos homeostáticos y con diferentes grados de respuesta a las variaciones del ambiente en su desarrollo o fisiología. En este sentido, los cambios en el sistema, que implicaría tener en cuenta una gran cantidad de dimensiones, son reducidos a una escala de dimensiones mucho menores. Al mismo tiempo, una descripción del sistema desordenada y extensiva se vuelve ordenada a través de una escala de complejidad, homeostasis, adaptación al ambiente, etc.

El mayor problema de las teorías evolutivas es decidir con que escalas van a ser ordenados los estados evolutivos de un sistema. Un caso es la teoría de sucesión ecológica, que afirma que en un período relativamente corto de tiempo, en el orden de generaciones, se puede predecir la composición de la comunidad indicando las especies de organismos que van a sucederse. En una región específica, esta sucesión puede ser descripta como una lista de especies de

---

[6] Whitehead, A.: *La ciencia y el mundo moderno*, Losada, Buenos Aires, 1949, p. 135.

plantas en la que se indica su abundancia relativa en cada etapa. Por ejemplo, un campo de cultivo abandonado, en Nueva Inglaterra, es en primer lugar ocupado por varias especies de malezas herbáceas y luego por pinos blancos. Más tarde, estos les dan lugar a las hayas, abedules, arces y abetos. Dicha descripción no es nada más que una lista de cambios. Se ha intentado introducir la idea de orden en la teoría de la sucesión ecológica mediante la descripción de cambios en (1) el número total de especies; (2) la diversidad de especies, teniendo en cuenta tanto el número de especies como su abundancia relativa; (3) la relación entre la diversidad y la biomasa incluyendo el tamaño de cada especie y su abundancia relativa; (4) la relación entre la tasa de producción de materia viva y la biomasa en pie. Ninguna de estas mediciones contiene la lista verdadera de especies o sus cualidades únicas, sino que establece una sola dimensión cuantitativa a partir de la cual se ordena la composición de la comunidad. Sin embargo, no hay un criterio a priori para decidir cuál de estas, si es que alguna corresponde, es una dimensión "natural" o incluso empíricamente útil. Para elegir entre ellas sería necesario tener una descripción cinemática de la evolución de la comunidad que pueda ser expresada en términos de las dimensiones seleccionadas. Esto significa que dadas algunas dimensiones que describen el estado del sistema en un tiempo determinado $E(t)$, debe ser posible plantear una ley de transformación T, que vaya de $E(t)$ a

$$E'(t+1) : E'(t+1) = T\left[E(O)\right]$$

Pero la búsqueda de la ley de transformación no podrá llevarse a cabo sin alguna noción de las dimensiones apropiadas para la descripción del sistema, ya que no hay garantía de que uno pueda encontrar una ley a partir de una descripción arbitraria. El desarrollo de una ley de la transformación evolutiva de un sistema y de las dimensiones apropiadas para su descripción es un proceso dialéctico que no puede realizarse con suposiciones a priori, ni de la ley ni de la descripción. En ecología evolutiva se han realizado pocos avances

en este aspecto precisamente porque los estados ordenados de la descripción de las comunidades han sido seleccionados arbitrariamente por intuición y no por una interacción constructiva con la elaboración de una teoría cinemática. La genética evolutiva ha tenido más éxito en la elaboración de una teoría cinemática del cambio evolutivo sólo porque ha abandonado el intento de introducir una descripción ordenada. La genética evolutiva o de poblaciones tiene una teoría elaborada del cambio en la frecuencia génica de las poblaciones, estos cambios se producen como consecuencia de mutaciones, migraciones, sistemas de reproducción y apareamiento y la selección natural. Esta teoría está completamente expresada en términos de una extensa lista de variantes génicas en la población y de cómo estas cambian en el tiempo. Han fallado los intentos de encontrar una descripción ordenada de la población cuya transformación a través del tiempo puede ser descripta por una ley cinemática, utilizando por ejemplo su tamaño promedio, su tasa de reproducción o la aptitud biológica (fitness)[7] promedio de los individuos que la componen. Cuando el genetista Dobzhansky, describió la evolución como "un cambio en la composición genética de las poblaciones" lo hizo *por falta de algo mejor*.[8] Dicho de esa manera, la evolución no es más que un interminable reordenamiento de las cuatro subunidades que forman el ADN

El requisito de orden señala la división entre la descripción del proceso evolutivo puramente mecanicista (como la representada por la sentencia de Dobzhansky) y aquellas descripciones que contienen algunos elementos metafísicos, llevándolo al extremo del

---

[7]Dado el uso asiduo de la expresión en inglés en textos de la disciplina en castellano, preferimos, a partir de aquí, no traducir el término "fitness", aclarando que podría considerarse equivalente a "aptitud" o "eficacia" biológica. (N del E).

[8]Dobzhansky, T.: *Genética y el origen de las especies*, Círculo de Lectores, Barcelona, 1996.

evolucionismo creacionista de Bergson y Teilhard de Chardin. Para asignar algún orden a los sucesivos estados de una secuencia evolutiva es necesario preconcebir la existencia de un orden; una concepción humana que es históricamente contingente. Retomando el ejemplo del mazo de cartas, todas las secuencias son igualmente probables. Por lo tanto en cualquier mano de póker, con cartas que hayan sido mezcladas completamente, tenemos la misma probabilidad de obtener una escalera real que cualquier otro juego. Sin embargo, nos alegramos (e incluso ganamos) cuando aparece la escalera real. Las ideas de orden son profundamente ideológicas, por lo tanto, una descripción de la evolución como productora de orden también lo es. En este sentido la evolución no es ni un hecho ni una teoría, sino un modo de organizar el conocimiento acerca del mundo.

Dirección

Si se ha creado una descripción ordenada de los estados incluidos en un proceso evolutivo, entonces es posible atribuir una dirección temporal a dicha evolución. En consecuencia, los procesos evolutivos son descriptos como el incremento o la reducción unidireccional de ciertas características. En ecología evolutiva se afirma de diversas maneras que el aumento de la complejidad, la estabilidad o de la relación entre la biomasa y la productividad contribuyen al incremento o reducción de la diversidad biológica dentro de ciertos valores intermedios. En genética evolutiva, se sostiene que la tasa de reproducción de la población, su tamaño y eficacia biológica promedio se incrementan monótonamente con el tiempo. Asimismo para la evolución de la vida en tiempos geológicos se sugiere que los organismos se vuelven cada vez más complejos y más homeostáticos en términos fisiológicos. La historia de la cultura humana no se describe simplemente como el pasaje de la recolección y la caza a la agricultura primitiva, luego a la agricultura

feudal y por último al capitalismo industrial, sino que los modos de organización de la producción son ubicados en una escala graduada. Por ejemplo, esto se observa en los grados de desarrollo de la división del trabajo (Durkheim) o los grados de complejidad de una sociedad (Spencer). Solo la geología ha estado en gran parte libre de una teoría de evolución monótona. Los procesos orogénicos y erosivos explican la elevación de las montañas y luego su desgaste lento (provocado por el viento y el agua) hasta convertirse en una llanura, para elevarse nuevamente en otro episodio orogénico, produciendo así un ciclo que se repite sin una dirección general. Los períodos glaciales e interglaciales se continúan cíclicamente unos a otros, elevando y bajando el nivel del mar y provocando largos ciclos de cambios de temperatura.

La reciente teoría de las placas tectónicas, conforme la cual la lava brota hacia la superficie de la tierra a través de grandes grietas que se encuentran debajo del océano, también propone un proceso cíclico. El esparcimiento de este material en el fondo del mar provoca que las principales placas litosféricas opuestas se deslicen hacia abajo (subducción), al interior de la tierra, donde el material se funde nuevamente. Se supone que la cantidad total de corteza terrestre se mantiene más o menos constante en todo este proceso. Por supuesto, en el muy largo plazo, la tierra en su conjunto se enfría y todos los procesos geotectónicos llegarán a su fin. Pero, la escala extremadamente larga de tiempo de esta predicción está por fuera del dominio de la geología propiamente dicha, desplazándola a los límites de la cosmología y la termodinámica, que tiene sus propias teorías generales de la direccionalidad.

La búsqueda de una dirección en evolución está íntimamente relacionada con el postulado de orden. En realidad, la elección de la descripción apropiada y ordenada de los estados evolutivos es en gran medida la consecuencia, más que la causa, de las decisiones tomadas en relación a una dirección. En algunos pocos casos, esta descripción unidireccional de una serie de estados ordenados puede

ser simplemente una expresión de las ecuaciones dinámicas subyacentes en el proceso. En la física clásica, las leyes del movimiento de los cuerpos pueden ser expresadas, cambiando los parámetros, como leyes de la minimización de la energía potencial. De manera más general, el movimiento de los cuerpos y la óptica clásica pueden subsumirse ambas bajo el principio de Fermat de mínima acción, lo que está reflejado en algunos libros de física del siglo XIX.

Adoptando esta tradición de la física, los evolucionistas han buscado la manera de parametrizar las ecuaciones de la población ecológica o genética de modo que aparezcan como principios de maximización o minimización. Un intento fue el Teorema Fundamental de la Selección Natural de Fisher, donde la eficacia biológica promedio de una población siempre aumenta. Desafortunadamente el teorema llegó a ser menos "fundamental" de lo que pretendía, ya que se aplica especialmente a casos restringidos.[9]

De la misma manera, los ecologistas intentaron encontrar en las ecuaciones que estudian las relaciones interespecíficas, principios de minimización de los recursos no utilizados o maximización de la eficiencia. Pero, como con el Teorema Fundamental de Fisher, esas reformulaciones se aplican a casos especiales. Cuando se formulan tales principios, el resultado matemático se cosifica, y las afirmaciones consecuentes sobre el mundo material resultan confusas o incorrectas. El principio que indica que los cambios genéticos en una población, sometida a la selección natural, resulta en un incremento del fitness promedio de dicha población, a pesar de que sea verdad en circunstancias especiales, es solo una declaración sobre el fitness *relativo* de los individuos. Y no hace predicciones acerca de la supervivencia y reproducción absoluta de toda la población. En realidad, después de que ocurre la selección natural, es probable que una población no sea más numerosa ni tenga una tasa de

[9] Fisher, R.: *The Genetical Theory of Natural Selection*, Clarendon Press, Oxford, 1930.

reproducción más alta. Tal vez sea más pequeña y tenga una tasa de reproducción menor que antes de dicho evento. A pesar de todo, el principio del incremento del fitness relativo ha sido cosificado por los evolucionistas que suponen que las especies se vuelven, en algún sentido, más aptas *en términos absolutos* por selección natural (ver capítulo 2).

A menudo las ecuaciones cinemáticas de los procesos evolutivos no pueden ser reorganizadas en términos de un cambio direccional en relación a alguna variable ordenadora. Incluso, más a menudo, estas ecuaciones cinemáticas no existen para ese proceso. Entre todos los procesos evolutivos, solo la evolución genética dentro de la población y la termodinámica estadística tienen estructuras matemáticas bien fundamentadas. Otros dominios, como la ecología evolutiva, están altamente matematizados, pero la dinámica en la cual se basan sus estructuras matemáticas son totalmente hipotéticas. Por lo tanto, sus teorías son ficciones elaboradas, que sin embargo, pueden contener muchas verdades. En ausencia de una teoría de la evolución exacta, la dirección es atribuida a priori en el proceso evolutivo, basada en un compromiso ideológico preexistente.

La escala a la que se recurre más a menudo es la de *complejidad*. Se supone que durante la evolución orgánica y social, los organismos y las sociedades se vuelven más complejos. Spencer en *Los primeros principios* declaró que la evolución del cosmos, de la vida orgánica y de la sociedad humana progresan desde lo homogéneo a lo heterogéneo, desde lo simple a lo complejo.[10] Los evolucionistas modernos están, en gran parte, de acuerdo con esta idea. Los vertebrados y los mamíferos en particular son considerados más complejos que las bacterias. Además, como los vertebrados evolucionaron más tarde que los organismos unicelulares, la complejidad debe haber aumentado. Se cree que el cerebro es el órgano

[10]Spencer, H.: *Los primeros principios*, Comares, Madrid, 2008.

más complejo, entonces la especie humana, con su cerebro excesivamente complejo, debe representar el nivel más avanzado en la evolución. Estrechamente vinculada a la idea del incremento en la complejidad está la teoría que indica que los organismos modernos contienen más información sobre el ambiente que los primitivos, información almacenada durante el proceso evolutivo en las estructuras complejas de las especies avanzadas. Finalmente, el supuesto incremento de la información y complejidad son consideradas excepciones de la segunda ley de la termodinámica, que plantea un incremento general de la entropía y homogeneidad, con un disminución de la complejidad por aleatorización. Los evolucionistas hablan de la acumulación de "negaentropía", de la complejidad y la información, como propiedades únicas de los sistemas vivientes distinguiéndolos de los inorgánicos.

El supuesto incremento de la complejidad y la información durante la evolución no tiene ningún fundamento objetivo, está basado en algunas confusiones. En primer lugar, podemos preguntarnos cómo medimos la complejidad de un organismo y en qué sentido un mamífero es más complejo que una bacteria. Los mamíferos tienen varios tipos de células, tejidos y sistemas de órganos; en este sentido son más complejos. Pero las bacterias pueden llevar a cabo muchas reacciones biosintéticas, como la síntesis de ciertos aminoácidos, capacidad que los vertebrados perdieron durante la evolución. En este último sentido, las bacterias son más complejas. No hay indicios de que los vertebrados, en general, se involucren en más interacciones directas con otros organismos que las bacterias, las cuales son nuestros propios parásitos, predadores, competidores y simbiontes. E incluso si aceptamos la variación estructural absoluta como un indicador de complejidad, no sabemos cómo ordenarla, ni hablar de asignarle una medida. Podemos preguntarnos, por ejemplo, si un mamífero es más complejo que un pez. El origen de los peces se remonta al final del Cámbrico, hace 370 millones de años, y los primeros mamíferos al comienzo del Cretácico. Si se

parte de la afirmación de que la complejidad estructural aumentó, es posible justificarla a posteriori por la enumeración de algunas características. Por ejemplo, enunciando que un gran rombencéfalo, que aparece tardíamente en la evolución, es más complejo. La evidente circularidad de este procedimiento no ha impedido su práctica generalizada.

Una segunda dificultad, relacionada con considerar la complejidad como una dirección en la evolución, surge de confundir los actuales "organismos inferiores" con los organismos ancestrales. Las bacterias modernas no son los ancestros de los vertebrados modernos, estas son el resultado de más de mil millones de años de evolución celular. Mientras que las formas estructurales más complejas pueden haber aparecido más tarde en la secuencia evolutiva y evolucionaron de aquellas menos complejas, no las reemplazaron sino que coexisten con ellas. La evolución no puede ser un cambio de lo menos a lo más complejo *en general*, porque esta descripción no dice nada acerca de los millones de años de evolución dentro de los niveles de organización.

La misma confusión existe en antropología. Las personas modernas "primitivas" no son los ancestros de la civilización "avanzada". No sabemos cómo era la estructura social en los grupos humanos ancestrales. Los Bosquimanos del Kalahari tienen una historia larga como cualquier otro grupo humano, por lo tanto, juzgar dicha población como menos evolucionada que otras requiere tomar una decisión a priori acerca de la sucesión de etapas que tienen que llevarse a cabo en la descripción de la evolución social y postular que algunos grupos se detuvieron en alguna etapa de dicho proceso. La escala de comparación deja de ser una secuencia temporal y se convierte en una escala contemporánea ordenada por el tiempo a partir de la primera aparición histórica. Esta diferencia entre los grados de una escala contemporánea y la secuencia estrictamente histórica, distingue la teoría evolutiva orgánica de una teoría social como el materialismo histórico. Ningún elemento de la teoría de la

evolución orgánica requiere el *reemplazo* de los primeros grados por los grados posteriores. Por el contrario, a partir de razones teóricas consistentes de la ecología se sugiere que es esperable la coexistencia de los mismos. En contraste, la teoría marxista de la historia predice el reemplazo completo de un modo de producción por otro, aunque por largos períodos pueden coexistir modos de producción contradictorios.

Una tercera dificultad es la cuestión de la relación de la complejidad con la información. No está del todo claro cómo debe medirse la información en una estructura. La única sugerencia concreta es considerar a los genes como un código elaborado por palabras de tres letras con un alfabeto de cuatro letras, y luego calcular la información en el "mensaje" genético total para cada organismo a través de la medida de la información de Shannon. Sin embargo, con esta medición muchos invertebrados van a tener más información que muchos vertebrados y algunos anfibios más que el *Homo sapiens*. El problema es que la complejidad y la información tienen una equivalencia metafórica y no exacta. Si bien es atractivo hablar de "información" acerca del ambiente "codificado" en la complejidad estructural y fisiológica de los organismos, dichas declaraciones se mantienen en la esfera de la poesía.

La relación de la noción metafórica de complejidad e información con la segunda ley de la termodinámica, agrava aún más la confusión. La palabra "entropía", el equivalente griego de "evolución" en latín, fue introducida en el siglo XIX como una propiedad del universo que está en aumento constante. En la forma original macroscópica de la termodinámica, esto significa simplemente, que diferentes regiones del universo se vuelven, con el tiempo, más y más parecidas en sus niveles medios de energía. Por lo tanto, se deduce que se puede obtener cada vez menos trabajo útil de sus interacciones. La teoría cinética de los gases, y luego, los mecanismos estadísticos, reinterpretaron este principio proponiendo que, en cualquier región del espacio, la energía cinética de las moléculas

podrían tener la misma distribución de energía, que en cualquier otra parte del espacio, porque las conexiones entre las regiones darían lugar a una aleatorización de las moléculas y a una redistribución de las energías a través de las colisiones. Los evolucionistas han interpretado incorrectamente esta teoría en el sentido de que todas las moléculas tendrían la misma energía cinética en lugar de que el conjunto de las moléculas tendrían la misma distribución de energía. Más aún, confundieron energía cinética con energía gravitatoria o electromagnética. Además suponen que una segunda teoría general asegura que todas las moléculas del universo, con el tiempo, se encontrarán igualmente espaciadas en un estado final sin forma ni orden. Con la creencia de que el universo físico se está moviendo hacia una muerte estática, más que a un equilibrio termodinámico en el cual el movimiento de las moléculas continúa, no es de extrañar que los evolucionistas consideren a la evolución orgánica como una negación de la evolución física. En realidad, cualesquiera sean sus otras propiedades, la evolución de los organismos debe corresponder con los cambios de entropía en el universo físico. Actualmente los organismos vivos explotan, para su mantenimiento y reproducción, las diferencias en la energía cinética entre diferentes regiones del espacio y al mismo tiempo contribuyen al incremento de la entropía. La vida no puede existir sin energía libre y ve limitada su evolución por las necesidades termodinámicas.

La termodinámica evolutiva, con su direccionalidad encarnada en la segunda ley, es superficialmente similar a otra cosmología direccional, la teoría del Universo expansivo. De acuerdo con esta cosmogonía, el universo se originó hace más de diez mil millones de años en una región restringida del espacio luego de haber sido creada toda la materia a partir de una explosión inicial. La materia continúa expandiéndose en todas direcciones a partir del punto de origen. De modo que, a medida que el tiempo pasa, el universo se volverá más y más tenue y extenso. Sin embargo, esta propagación es solo global, y no significa necesariamente que los

cúmulos individuales que forman los planetas van a desarmarse. En consecuencia la cosmología del universo expandido, si bien es direccional, también tiene un contenido histórico específico, en el cual la acumulación accidental de la materia resultante de un evento único y original va a seguir existiendo, sostenida por sus fuerzas gravitatorias y electromagnéticas.

Incluso, en termodinámica y cosmología, fueron desafiadas las afirmaciones de una dirección uniforme. Recientemente Bondi, Hoyle y Gold han propuesto teorías no direccionales del cosmos. En una de estas teorías la materia se crea de nuevo constantemente, a pesar de que el universo se expande, la densidad promedio de la materia permanece constante. Una alternativa es la teoría de la expansión-contracción cíclica, produciendo un universo oscilante con un ciclo de tiempo muy largo. En termodinámica se ha postulado que la entropía puede aumentar solo localmente mientras en otras partes del espacio puede disminuir. De esta manera el universo en su totalidad estaría en un estado de equilibrio.

La sugerencia de una evolución orgánica que implica un incremento en la complejidad, está estrechamente ligada al concepto de homeostasis, introducido por Canon en 1932 como un principio general de la fisiología. Los organismos poseen una variedad de características fisiológicas, estructurales y actitudinales que favorecen el mantenimiento de ciertos estados fisiológicos en niveles constantes a pesar de las fluctuaciones del ambiente. Los mamíferos mantienen una temperatura corporal constante, aunque estén sometidos a un amplio rango de temperaturas del medio externo, modificando su tasa metabólica, dilatando los vasos sanguíneos, provocando la erección del vello corporal, sudando, jadeando, etc. En términos generales, la homeostasis es la capacidad de mantener las características esenciales para la supervivencia en ciertos niveles constantes, modificando otras características en respuesta a señales del medio ambiente. Los ecologistas evolutivos extendieron este concepto a conjuntos de especies que están relacionadas unas con

otras a través de la predación o la competencia. Si la hierba se vuelve escasa producto de las fluctuaciones de las precipitaciones, los herbívoros se reproducirán a una tasa menor y, por lo tanto, la población de predadores también se reducirá como consecuencia de la poca abundancia de presas. El resultado neto es la estabilización temporaria de la comunidad en valores menores sin que ninguna especie se extinga. Se considera que la homeostasis aumenta con la evolución porque su resultado es la ***estabilidad*.** Una estabilidad dinámica, que hace retornar a un sistema al estado anterior al que se produjo la perturbación. Esto es visto como el resultado de todos los procesos dinámicos.

Es a través de la estabilidad que la complejidad y la homeostasis se conectan en la teoría evolutiva. Prácticamente, todos los teóricos evolutivos modernos, especialmente los ecólogos evolutivos, han afirmado que la complejidad es el resultado de la estabilidad. La complejidad es pensada como la consecuencia de una fuerte interacción entre diversos elementos con diferentes funciones. Por ejemplo, se ha supuesto por mucho tiempo que una comunidad ecológica con diferentes predadores, competidores, descomponedores y productores primarios, estrechamente conectados por una dinámica poblacional, es la situación más resistente a los efectos de perturbaciones en el ambiente.

Esto significa que los conjuntos formados por diversos organismos son más estables, por lo tanto la diversidad es vista como una dirección de la evolución. Toda la estructura metateórica de la actual teoría evolutiva consiste en la interconexión de estos conceptos. La diversidad de la forma y la función, con una estrecha interdependencia de diversos elementos, son los componentes de la complejidad. Esta a su vez conduce a la estabilidad a través del aumento de la homeostasis. La evolución produce más y más diversidad, complejidad, homeostasis y estabilidad en los seres vivos y el ambiente físico, que es a su vez cada vez más uniforme, simplificado y caótico.

La característica extraordinaria de esta estructura conceptual es que no tiene una base aparente ni en los hechos, ni en la teoría. Ya hemos mostrado el problema de medir la complejidad y demostrar su incremento durante la evolución. Desde el comienzo de la vida en la Tierra, seguramente la diversidad se ha incrementado, la variedad de organismos, tanto en cantidad de especies como en el tipo de hábitats que ocupan, es mayor ahora que en el Cámbrico. Sin embargo, pasaron cerca de 350 millones de años desde que los vertebrados invadieron la tierra y 150 millones desde que ocuparon el ambiente aéreo, mientras que los insectos ocuparon ambos espacios hace por lo menos 300 millones de años. Diferentes grupos han alcanzado su pico de diversidad, medida como el número de géneros y familias que poseen, en diferentes momentos. Teniendo en cuenta la totalidad del registro fósil no se observa que haya ocurrido un incremento aparente en la taxonomía general ni en la diversidad ecológica, en los últimos 150 millones de años. Las tendencias a largo plazo hacia la diversidad aparecen en grupos particulares, por ejemplo, el incremento lento pero estable de los moluscos bivalvos en los últimos 500 millones de años. Pero, dicha tendencia es resultado en parte de los procedimientos de la práctica taxonómica, de la mayor probabilidad de encontrar fósiles recientes y de la separación del único gran continente (Pangea). Este último evento comenzó hace 250 millones de años y generó un hecho histórico temporario que implico una diversidad mucho mayor de hábitats marinos. Si los continentes actuales se juntaran nuevamente, la diversidad de moluscos se reduciría de forma inevitable. En la escala de tiempo en que ocurren los cambios ecológicos, más que los evolutivos, uno encuentra tanto incrementos como disminuciones de la diversidad en la sucesión de la composición de las especies en ambientes terrestres y acuáticos perturbados temporariamente. Ciertamente, ninguna generalización empírica es posible. A nivel teórico, la situación es aún más extraordinaria. A pesar de las reiteradas afirmaciones de que el aumento de la

complejidad y diversidad genera mayor estabilidad, no se ofreció ningún argumento riguroso para sostener dicho teorema. Al contrario, estudios matemáticos recientes demostraron exactamente lo opuesto, tanto en el campo de la ecología de comunidades como en la de genética de poblaciones. Si la complejidad de una comunidad es definida como el número de interacciones entre las especies multiplicado por la intensidad de dichas interacciones, se deduce que la complejidad aumenta al agregar más especies o al incrementar la intensidad de las relaciones. La probabilidad de que la comunidad sea estable a las perturbaciones disminuye en lugar de aumentar.[11]
El énfasis en la diversidad, la complejidad y la estabilidad como tendencias de la evolución solo puede ser entendido como de origen ideológico. Así como el cambio y el movimiento son los fundamentos intelectuales de la revolución burguesa, para la legitimación del derrumbe de las viejas relaciones de clase, la consolidación de dicha revolución en la última parte del siglo diecinueve y en el siglo veinte ha requerido una visión diferente, en consonancia con la estabilización de la sociedad. La idea de cambio tuvo que ser reprimida en la ciencia como lo fue en la sociedad. El resultado ha sido el énfasis en las teorías evolutivas modernas sobre el equilibrio dinámico. A pesar de que los elementos individuales cambian de lugar, el sistema como un todo permanece en un estado estacionario de la misma manera que los individuos pueden subir o bajar de la escala social, pero las jerarquías de las relaciones sociales no cambian. Según los teóricos sociales, la revolución burguesa fue el último escalón en la evolución social. Lejos de ser una jerarquía artificial e inestable es una estructura social natural basada en el libre movimiento de los individuos de acuerdo a sus habilidades. La sociedad que se ha producido es de una gran complejidad, con una inmensa división del trabajo y una fuerte interacción entre las partes

---

[11]May, R.: *Stability and complexity in model ecosystem*, Princeton University Press, Princeton, 1973.

que la componen. Más aún, se cree que la estabilidad del orden social moderno es provista por las complejas interacciones entre las unidades, cada una dependiendo de las otras. La descripción de la evolución de los sistemas biológicos es un reflejo de la supuesta evolución de la sociedad burguesa moderna. Un resultado irónico de esta visión de la evolución es que los movimientos ambientalistas actuales utilizan la preocupación por la estabilidad y la complejidad de las comunidades naturales, para oponerse a la expansión del propio sistema de producción capitalista que dio origen a dicha ideología.

Hubo un cambio en las teorías de la evolución durante el siglo XX. Pasando de poner el énfasis en la direccionalidad a colocarlo en el estado de equilibrio. En cosmología, las teorías de la creación perpetua y de la expansión-contracción postulan que el universo está, a largo plazo, en un estado estacionario u oscilando cíclicamente. Las teorías de la termodinámica aceptan que la entropía puede estar aumentando localmente en el espacio tiempo. En la actualidad, las teorías de la evolución orgánica están totalmente preocupadas por la estabilidad y el equilibrio dinámico. La literatura teórica de la genética y la ecología evolutiva está totalmente abocada a encontrar las condiciones de equilibrio estable de los genes y las especies o intentando distinguir diferentes teorías especiales del fenómeno con el supuesto de que están en un equilibrio estable. La principal controversia en genética evolutiva, en los últimos 30 años, ha sido si la variación genética observada entre individuos es mantenida por selección natural o es consecuencia de mutaciones repetidas de variantes genéticas no seleccionadas. Los defensores de ambas escuelas dependen de los análisis matemáticos y tratamientos estadísticos de los datos con el supuesto de que la población en la naturaleza está en estado de equilibrio, sin rastros de sus historias pasadas. Como el pensamiento social moderno burgués, el pensamiento evolutivo moderno niega la historia para asumir el equilibrio.

El énfasis en el equilibrio, debe acomodarse al hecho evidente de que la evolución continua ocurriendo. No hay rastro en el registro fósil de que la formación o extinción de especies haya cesado o se haya ralentizado. Las tasas de cambios morfológicos dentro de las líneas evolutivas permanecen elevadas incluso en los horizontes fósiles recientes. Si la evolución y la adaptación continúan ocurriendo, ¿cómo puede el mundo estar en un estado estacionario? La respuesta dada es que el ambiente está cambiando constantemente, siempre decayendo con respecto a la adaptación actual de las especies. Con esta visión la evolución continua de los organismos es simplemente sostenida por el movimiento decadente del ambiente. Sin embargo, postulan que nada está ocurriendo a nivel global. El ambiente empeora porque los recursos se agotan, ya que los competidores, predadores y presas evolucionan, y porque cualquier cambio hace que las adaptaciones previas se vuelvan obsoletas. Ninguna especie puede estar nunca perfectamente adaptada porque cada una es un blanco en movimiento, pero todas las especies existentes están cerca de su óptimo. Las especies se extinguen si evolucionan demasiado lentamente como para seguir el movimiento del entorno o se dispersan tan lentamente como para mantenerse en su ambiente geográfico de preferencia. De esta manera la moderna teoría evolutiva resuelve la aparente contradicción entre la observación de una evolución continua y la demanda ideológica de que el conjunto de los organismos son estables y óptimos.

Progreso

La visión de los evolucionistas del siglo XIX era bastante diferente. Para ellos evolución significaba progreso, un pasaje desde lo peor a lo mejor, desde lo inferior a lo superior. La idea de progreso no sólo incluye un orden sino además un juicio moral. Además, suponiendo que la evolución orgánica implique un aumento de la complejidad, no significa que sea progresiva, excepto que este enmarcada

en alguna teoría general que la valore en ese sentido. Las ideas moralistas del progreso evolutivo algunas veces se hacen explícitas y usualmente se esconden en la asunción de que la especie humana representa la forma de la naturaleza más importante y mejor. La mayoría de los evolucionistas modernos trataron de expulsar el moralismo antropocéntrico de sus teorías, pero algunos, como Teilhard de Chardin, retrocedieron al progresismo del siglo XIX. Para Teilhard de Chardin, "el hombre es el parámetro absoluto de la evolución"; esto significa que no solo es producto de una evolución orgánica, sino además de una evolución cósmica.[12] Repite la ocurrencia de Whitehead de dividir a la naturaleza en seis clases.[13] En dicha clasificación "la existencia humana, incluyendo al cuerpo y la mente" es la superior, luego vienen los animales, las plantas y así sucesivamente hasta las clases inferiores como los átomos. El hombre encabeza todo el resto. El dogma del progresismo es la superioridad del hombre en el cosmos, del hombre industrial en el plano económico y del hombre liberal democrático en el plano social. Obtenemos una especie de biología Whig, que ve toda la evolución apuntando hacia el hombre de negocios.

El más influyente vocero de la idea de progreso en la evolución en el siglo XIX, Herbert Spencer, asimiló progreso al cambio en sí mismo. Spencer reivindicaba que "desde el primer cambio detectable hasta el último resultado de la civilización, podemos encontrar que la transformación de lo homogéneo en heterogéneo es aquello en lo que consiste esencialmente el progreso."[14] Consideraba que esta transformación había ocurrido en el arte, en la organización política, en el lenguaje, en las relaciones económicas y en la historia de la vida. Pero Spencer no ofrece ninguna otra justificación

[12]Teilhard de Chardin, P.: *Le groupe zoologique humain*, Editions du Seuil, Paris, 1962.
[13]Whitehead, A.: *Modos de pensamiento*, Losada, Buenos Aires, 1944.
[14]Spencer, H. "Progress: Its law and cause", In *Essays: Scientific, political and speculative*, Appleton, New York, 1987, p. 10.

para la cualidad progresiva del cambio. Para él, un cambio de cualquier clase y en cualquier dirección se produce por su naturaleza progresiva, "un beneficio inevitable". El contraste entre la creencia de Spencer de la progresividad intrínseca del cambio y la creencia actual en la estabilidad y el equilibrio dinámico, en el que las especies luchan a la retaguardia contra un ambiente amenazante, es el contraste entre una burguesía revolucionaria y comprometida en destruir las relaciones sociales restrictivas del siglo XIX, y un capitalismo atrincherado y en orden de batalla, tratando de imponer el statu quo ante la deteriorada situación mundial del siglo XX.

Además, hay otro sentido en el cual la secuencia evolutiva se considera progresiva y contiene elementos moralistas que provienen de la ideología económica. Darwin puso mucho énfasis en la perfección de ciertos órganos como una prueba de su teoría de la evolución por selección natural. Por ejemplo, el ojo, que posee una estructura compleja para enfocar, variando la cantidad de luz que puede ingresar y compensando las desviaciones. La teoría evolutiva no solo estaba destinada a explicar la diversidad de organismos sino además el hecho de que los organismos muestran una enorme adaptación a la naturaleza. El concepto de adaptación implica que el mundo externo establece ciertos "problemas" para los organismos y que la evolución consiste en resolver esos problemas, así como un ingeniero diseña una máquina para un determinado trabajo. Entonces, el ojo resuelve el problema de la visión, las alas el de volar y los pulmones el de respirar. Dejando de lado la gran dificultad de decidir cuál es el problema planteado por la naturaleza o cual es el órgano que resolvería ese problema (ver capítulo 2), la pregunta es decidir cuán buena es la solución para dicho problema. Esto requiere un criterio de optimización, a partir del cual se puede juzgar qué tan cerca del óptimo la evolución llevó a ese organismo. Las teorías actuales asumen que ese óptimo puede ser especificado para una situación particular y la evolución puede describir cómo los organismos se mueven hacia esa solución óptima. Como el

problema está cambiando siempre levemente, ninguna especie está en su nivel óptimo. Pero las especies extintas alcanzaron niveles cercanos al óptimo y podrían mejorar su adaptación si el ambiente se mantuviera constante por un período considerable. En realidad, algunas formas de la teoría de la optimización, incluyendo la teoría de juegos, fueron tomadas de las ciencias políticas y económicas como herramientas para explicar y predecir la evolución orgánica, reemplazando las teorías cinéticas de la genética o ecología de poblaciones. En las teorías cinéticas se hacen algunos supuestos básicos sobre los mecanismos de herencia o las reglas elementales del crecimiento de la población, y se construye una maquinaria numérica o matemática predictiva a partir de estos supuestos. Las teorías de optimización no tienen cinemática. Se asume que la evolución lleva a un sistema a su óptimo, el cual se describe para luego compararlo con el estado actual del sistema.

Para poner en práctica un programa de optimización se requiere una teoría general de la optimalidad, que los evolucionistas tomaron directamente de la economía capitalista. Se acepta que los organismos luchan por recursos escasos, un postulado introducido por Darwin luego de leer el *Ensayo sobre el Principio de la Población*, de Malthus. El organismo invierte tiempo y energía para adquirir los recursos, y a su vez reinvierte parte del retorno de la inversión original en la adquisición de nuevos recursos y en la reproducción. El organismo más exitoso es el que adquiere mayor cantidad de excedente neto para invertir en reproducción. Hay a continuación dos criterios de optimalidad. Uno es el gasto de menor cantidad de energía por unidad de recursos adquiridos y el otro es la distribución de una mayor proporción del excedente adquirido hacia la reproducción, sujeto al requisito de que existe superávit suficiente para una nueva adquisición.

En la práctica, los criterios para el problema de la asignación óptima de recursos son el tiempo mínimo y el mayor rendimiento. Un ejemplo es el problema de la distribución del tiempo en las

aves que recolectan alimentos y regresan al nido para alimentar a sus pichones. En la naturaleza las porciones de alimentos varían en cuanto al tamaño. Si las aves buscan solo las de mayor tamaño, implicaría invertir mucho tiempo, de manera que la energía consumida en la búsqueda y el retorno no se compensarían suficientemente. Por otra parte, si el pájaro toma la primera porción de alimento que encuentra, tal vez sea tan pequeña que el rendimiento neto sería demasiado pequeño también. En teoría el pájaro elegirá tamaños de alimento que maximicen su retorno al nido por unidad de tiempo. Sin embargo, si pasa mucho tiempo lejos del nido deja a los pichones vulnerables a los predadores, por lo tanto, parte del tiempo se invierte en proteger el nido. La optimización de la teoría de la evolución asume que la asignación del tiempo será cercana al óptimo para maximizar la inversión total en la reproducción o crecimiento. En estas teorías el criterio de optimalidad es la eficiencia, ya sea de tiempo o de energía invertida. Sin embargo las connotaciones morales e ideológicas de "eficiencia", "gasto", "máximo retorno de la inversión" y "mejor uso del tiempo", nunca parecen haber llegado a la conciencia de los evolucionistas, quienes adhieren a estas normas sociales sin cuestionamientos

Tendencia a la perfección

Los contemporáneos de Darwin creían que el progreso evolutivo lleva a "esta perfección de estructuras y esta adaptación mutua que causa, con justicia, nuestra admiración."[15] En la conclusión de *El origen de las especies*, Darwin escribió que "como la selección

[15]Darwin, Charles: *On the origin of species by natural selection,* Murray, London, 1859, p. 3. (Para la traducción de las citas de este texto utilizamos la edición castellana de Planeta-Agostini y a ella haremos alusión de aquí en adelante. Darwin, Charles: *El origen de las especies*, Planeta-Agostini, Barcelona, 1992, p. 11. N. del E.)

natural obra solo mediante el bien y para el bien de cada ser, todos los dones intelectuales y corporales tenderán a progresar hacia la perfección".[16] Pero antes se mostró cauteloso al decir que la "selección natural no conducirá necesariamente a la perfección absoluta, ni ésta, hasta donde nos es dado juzgar con nuestras limitadas facultades, puede afirmarse que exista en parte alguna".[17] Darwin conocía que la perfección universal de la adaptación requiere, por un lado, que surjan las variaciones necesarias y, por el otro, que la relación del organismo con el ambiente permanezca constante por un largo período de tiempo. Desde que notó que ninguna de estas condiciones son infalibles, se dio cuenta que la perfección no es inevitable, aunque las características "tienden a progresar hacia ella". De esta manera, Darwin no llegó a tener una visión panglosiana, en la que la evolución habría dado lugar al "mejor de todos los mundos posibles", una visión que caracteriza a la mayor parte del pensamiento de los evolucionistas del siglo XIX.

Debido a la teoría de que el ambiente cambia, la "perfectibilidad" no implica que la evolución cesará cuando la perfección sea alcanzada. Los organismos perfectamente homeostáticos, que pueden sobrevivir mejor que cualquier otro en un tipo de ambiente son considerados una imposibilidad biológica. A pesar de ello, a veces se postula que el ser humano, con el desarrollo de la cultura, podría ser ese organismo. Fuera del dominio de la biología, las teorías evolutivas incluyen el postulado de que el sistema converge hacia un estado final. En un estado termodinámico no estacionario, la entropía aumenta en todos lados y de esta manera el universo se acerca a un estado estacionario de máxima entropía, en el cual ningún trabajo puede ser realizado por interacción térmica. De manera más general, la teoría cosmológica teleológica hace la misma predicción para un universo en expansión, incluyendo las formas

[16]Ibid., p. 637.
[17]Ibid., p. 256.

de energía radioactiva y termonuclear. Las teorías evolucionistas de los sistemas sociales, específicamente el marxismo y algunas de sus variantes, son explícitamente progresistas y perfeccionistas. A una etapa de acumulación primitiva del capital a partir de la piratería, la explotación de esclavos, siervos y los recursos económicos de las regiones periféricas, le sucede una revolución burguesa, con la consecuente caída de las relaciones feudales y esclavas por la introducción de la democracia liberal. El desencadenamiento resultante de las fuerzas productivas, a su vez, conduce a la revolución proletaria, a una democracia proletaria y a una eventual eliminación de las clases sociales. Aunque persistirán algunas diferencias entre los individuos en la actividad social y en la vida personal ("de cada uno de acuerdo a sus habilidades, a cada uno de acuerdo a sus necesidades"), la entropía del sistema social es maximizada con respecto a las categorías económicas. El paralelismo con el equilibrio termodinámico es sorprendente.

II. Darwin y la evolución

El background del darwinismo

Para comprender el desarrollo de la teoría moderna de la evolución orgánica, en primer lugar, debemos entender que Darwin fue la culminación del evolucionismo en el siglo XIX y no su origen. En 1859, cuando se publicó *El origen de la especies*, el pensamiento evolucionista ya permeaba las ciencias naturales y sociales. La cosmología evolucionista fue fundada por Kant en *Metaphysical Foundation of Natural Sciencie* en 1786 y en la hipótesis nebular de Laplace en 1796. El principio uniformista de Hutton aparece en 1785 y se convierte en la visión dominante en geología como resultado de la centralidad del libro *Principios de geología* de Lyell del año 1830. La termodinámica evolutiva comenzó con L. N. Sadi

Carnot en 1824 y se desarrolló completamente en 1851 en el trabajo de William Thomson. En las ciencias sociales la influencia de Spencer fue enorme. En 1857, en *El Progreso: la ley y su causa*, Spencer pudo proclamar que "es ahora universalmente admitido por los filólogos, que las lenguas, en lugar de ser artificialmente formadas, han sufrido un proceso de desarrollo. Y las historias de la religión, de la filosofía, de la ciencia, de las artes manuales, de las disciplinas artísticas, de las industrias, muestran que todas ellas han pasado a través de etapas".[18] La literatura inglesa de la primera mitad del siglo XIX estuvo completamente imbuida con la ideología evolucionista. Alrededor de 1840 Tennyson escribió en *In Memoriam* que la naturaleza no preserva "la forma" pero que "desde el escarpado acantilado hasta la piedra de la cantera / Ella llora: 'un millón de formas se han ido/Me preocupo por nada, todo pasa.'." (parte 56, stanza 1). Su poema épico *Idilios del rey* afirmaba que "el viejo orden cambió, dejando su lugar a uno nuevo". Dickens describió la destrucción del viejo orden en *Dombey e hijo* (1846) y *Casa desolada* (1852) y lo hizo el tema central de *Tiempos difíciles* (1854).

La biología fue el último dominio de la vida intelectual que incorporó la visión evolutiva del mundo. En parte por estar directamente amenazada por ideas de superioridad y unicidad de la especie humana. Sin embargo, la idea de evolución orgánica estaba extendida, y tal vez fue dominante antes de 1859. El abuelo de Charles Darwin, Erasmus Darwin, publicó *Zoonomia* en 1794 y *The Temple of Nature* in 1803, en los cuales expresó, de manera romántica y anticipada, una visión del origen y la evolución de la vida, incluyendo al hombre. Entre 1794 y 1830 en Francia, Lamarck y Geoffroy Saint-Hilaire desarrollaron teorías de la evolución orgánica que contradecían el poderoso intento del Baron Cuvier para explicar el registro fósil por repetidas inundaciones.

[18]Spencer, H.: "Progress...", op. cit., p. 9.

Spencer, en 1857, defendió la evolución de la vida sobre la base de la generalidad del principio de evolución en otros dominios. El mismo Darwin, en la tercera edición de *El origen de las especies* en 1861, proporcionó una descripción de los escritos sobre evolución anteriores a su trabajo.

No solo el ámbito intelectual reforzaba la ideología de cambio y movimiento en Darwin, sino también, lo hacía el entorno familiar y político. Su abuelo materno, Josiah Wedgwood, comenzó como un pobre aprendiz y se convirtió en un gran magnate, el epítome de una nueva clase, el industrial por derecho propio. El abuelo paterno de Darwin, Erasmus, "a self-made man" él también, pertenecía al círculo social de los nuevos empresarios que incluían a Wedgwood, James Watt, James Keir y Matthew Boulton. El padre de Darwin, por su parte, tomó cuarenta libras del dinero de Erasmus y construyó su propia empresa, en la época en que el Primer ministro Tory era Robert Peel, nieto de un campesino que se volvió vendedor ambulante. Darwin se embarcó en la expedición del *Beagle* en el momento en que se desarrollaba la agitación por la Ley de reforma electoral de 1832, y desarrolló la mayor parte de sus ideas de *El origen de las especies* en coincidencia con la revolución de 1848.

Darwinismo y materialismo

La omnipresencia del evolucionismo, resultante de la revolución política y económica, llevó a una seria contradicción con la vieja tradición intelectual, heredada de Platón y Aristóteles, consonante con el orden estático del viejo mundo. Este era el concepto de *tipo ideal*. De acuerdo con este punto de vista, los objetos reales en el mundo son manifestaciones imperfectas de patrones ideales subyacentes. Las ideas no tienen una forma material, pero pueden vislumbrarse "a través de un cristal empañado" estudiando los objetos reales. El objetivo de la investigación científica era estudiar los tipos ideales, y el problema de la ciencia era inferir estos

tipos a pesar de la imperfección de su manifestación en el mundo. Una conclusión de este enfoque tipológico es que la variación entre los objetos de un tipo dado es ontológicamente diferente de la variación entre los tipos. La diferencia entre los objetos dentro de un tipo es resultado de las "perturbaciones" que, a pesar de tener algún interés intrínseco secundario, son esencialmente una distracción, mientras que el estudio de los tipos en sí mismos revelará la estructura subyacente del universo. Esto puede observarse en los cuerpos ideales de Newton moviéndose en el espacio vacío. Estos tipos abstraen un movimiento ideal a partir de uno real, dejando de lado la fricción, la inflexibilidad y una masa que ocupa un espacio finito, con el objetivo de construir las leyes "básicas" del movimiento. Cada especie de ser vivo fue considerada un tipo, y los individuos en la naturaleza eran manifestaciones imperfectas de la verdadera especie ideal. Incluso, actualmente, los tipos son utilizados en taxonomía, es un solo individuo que se deposita en una colección y se designa como el estándar contra el cual se comparan los demás individuos que se cree que pertenecen a la misma especie. Los verdaderos ejemplares varían con respecto a los tipos y, a veces, el espécimen modelo resulta ser bastante atípico de la especie en su conjunto. La práctica taxonómica moderna se ha alejado de esta tradición en parte designando *holotipos*, poblaciones de especímenes cuyas propiedades estadísticas son tomadas como representativas de la especie como un grupo.

La teoría del tipo ideal estableció un problema para la teoría evolutiva pre-darwiniana: no podía explicar cómo los organismos pasan de un tipo al otro o cómo llegan a existir nuevos tipos. El hecho de que todos los organismos eran descendientes de otros, hacía más dificultoso el problema, ya que, en algún momento del proceso de reproducción existía el pasaje de materia viva de un tipo a otro. Y además, en algún momento, surge un nuevo tipo que debería estar representado por una forma material previa que pertenecía a un tipo diferente. Fueron ofrecidas dos soluciones generales para

este dilema, ninguna de las cuales podría ser satisfactoria ni desde el punto de vista físico ni metafísico. La teoría de Lamarck sostenía que los organismos cambian de tipo lentamente por el acrecentamiento de pequeñas diferencias en la vida del individuo. Así, si una jirafa estiró su cuello para alimentarse de las hojas más altas, la cría de esa jirafa tendría el cuello un poco más largo, la que a su vez lo estiraría para llegar a hojas todavía más altas y así sucesivamente. La transformación ocurre porque el animal percibe la necesidad de obtener más alimento, y dicha necesidad, que surgió de una respuesta adaptativa, establece un cambio en la forma. El cambio resultante tiene que ser heredable. Como no se consideraba que las plantas tuvieran ese sentimiento de necesidad, Lamarck no aplicaba la teoría a estos organismos. Esto debilitaba mucho su teoría, incluso para sus contemporáneos.

Geoffroy Saint-Hilaire, en cambio, propuso que los tipos cambian la estructura repentinamente en el momento de la reproducción, de a grandes saltos, más que por la recreación de pequeñas partes. La fuerza que motivaba estos cambios abruptos no estaba clara, ni tampoco la teoría ayudaba a entender la naturaleza adaptativa de las diferencias entre los organismos. Uno de los mayores argumentos para la creación divina de las especies es que los organismos parecen diseñados para ajustarse a su entorno. Una teoría de la evolución aceptable necesitaría dar cuenta de esta adaptación, así como ofrecer un mecanismo convincente para explicar el origen de nuevas variantes. Cuando apareció *El origen de las especies*, la contradicción entre el cambio, como lo exige la ideología evolutiva, y el ideal platónico-aristotélico de las especies adaptadas, no se había resuelto satisfactoriamente.

La revolución intelectual de Darwin no está relacionada con la idea de que los organismos evolucionan, ya que esto se creía ampliamente, sino con su rechazo al idealismo platónico-aristotélico y su reorientación total a la problemática de la evolución. Darwin consideró, contrariamente a la visión anterior, que la variación

entre individuos de una especie y las diferencias que existen entre las especies estaban ontológicamente relacionadas. Observó las diferencias entre los individuos como el objeto primario de estudio, concentrándose en las diferencias reales y materiales entre los seres vivos en sí mismas. Reemplazó las entidades ideales (especies) por las entidades materiales (individuos y poblaciones), como el verdadero objeto de estudio. La revelación revolucionaria de Darwin fue que las diferencias entre los individuos dentro de las especies se convierten en diferencias entre las especies a través del espacio y el tiempo. El problema de la teoría evolutiva se convirtió, y continúa así hasta nuestros días, en encontrar un mecanismo para dicha transformación.

La teoría darwiniana

Una vez que se asume que el cambio evolutivo es el resultado de la conversión de las variaciones entre los individuos en variaciones entre las especies y de las alteraciones sucesivas de las especies a través del tiempo, es necesario identificar la fuerza que impulsa esa transformación y describir el mecanismo y la cinemática. Darwin proporcionó ambas.

La fuerza postulada por Darwin fue la selección natural, que resulta de la lucha por la supervivencia. Darwin plantea el concepto de selección natural a partir de la lectura, en 1838, del conocido libro de Malthus, *Essay on the Principles of Population*. El argumento de Malthus es que la reproducción humana implica un crecimiento geométrico de la población, mientras que los recursos disponibles crecen aritméticamente, resultando en una lucha entre las personas por los recursos escasos. Tanto para Darwin como para Alfred Russel Wallace, que desarrolló simultáneamente la teoría de la evolución por selección natural, la lucha de los seres humanos planteada por Malthus era el modelo para las otras especies. Sin embargo,

la teoría de la selección natural surgió independientemente del estudio de Malthus, como lo hizo también el término metafórico "selección natural". Darwin comenzó *El origen de las especies* con el capítulo "Variación bajo domesticación", seguido por el paralelo "Variación bajo naturaleza". El primer capítulo cumplía dos funciones. Primero, ilustraba a través de diversos ejemplos, como el de las palomas, el ganado, los árboles frutales, la inmensa variedad de formas que están latentes dentro de una especie, para poder realizar un paralelo, en el siguiente capítulo, con lo que sucedía en la naturaleza. En segundo lugar, explicaba cómo estas diversas razas eran creadas por una selección deliberada: "La clave está en el poder que tiene el hombre de seleccionar acumulando: la naturaleza da variaciones sucesivas; el hombre las suma en cierta dirección útil para él."[19] Los conceptos de variación y selección estaban, en consecuencia, íntimamente unidos al considerar la domesticación. El problema era, entonces, conseguir algo análogo a la "fuerza humana de selección acumulativa", para aplicarla a la naturaleza. En este caso el materialismo de Darwin se manifestó nuevamente. En lugar de postular una fuerza misteriosa, una naturaleza personificada, postuló el principio de selección *natural* a partir de la lucha por la supervivencia que se desprende de una reproducción excesiva en un mundo en el que los recursos son limitados. Extendió la analogía de la lucha entre los seres humanos más allá de Malthus, en el principio de selección *sexual*, en el cual incluyó la visión victoriana de las relaciones entre el hombre y la mujer. De acuerdo a esta teoría, los machos compiten con otros para aparearse con las hembras, a través de diversas estrategias, siendo más atractivos o excluyendo físicamente a los posibles competidores.

La propuesta de Darwin de una fuerza material directa, a través de la cual la "naturaleza" puede "seleccionar" entre las variacione para producir organismos más adaptados, junto con la atención

---

[19]Darwin, op. cit., p. 40.

puesta en las variaciones individuales como el verdadero objeto de estudio, crearon un mecanismo para la evolución que contrastaba con las simples explicaciones de Lamarck y Geoffroy Saint-Hilaire. El mecanismo consistía en tres proposiciones:

1. Los individuos dentro de una especie varían en su fisiología, morfología y comportamiento: el principio de la variación.

2. La descendencia se parece a sus progenitores en una proporción mayor de lo que se pueden parecer a organismos no relacionados: el principio de herencia.

3. No todas las variantes dejan la misma cantidad de descendientes: el principio de selección natural.

El mecanismo por el cual se produce la evolución sigue estos tres principios. Como la descendencia se parece a sus padres más que a otros individuos, si una variante en particular deja más descendencia que otras, la composición de la población puede cambiar en las sucesivas generaciones. A medida que el tiempo pasa, la población se enriquecerá más y más en aquellas variantes que provean una mayor tasa de reproducción y las especies cambiarán progresivamente. Así se presenta una cinemática del proceso evolutivo.

La dinámica es proporcionada por la lucha por la supervivencia. La razón por la cual algunas variantes dejan mayor descendencia es que son más aptas para apropiarse de recursos escasos y reinvertirlos en la reproducción. Esta mayor eficiencia es la manifestación de su mayor grado de perfección para resolver un problema planteado por la naturaleza. El mecanismo no solo da cuenta del cambio, sino que también de la adaptación. En contraste, Lamarck y Geoffroy Saint-Hilaire solo pueden proveer explicaciones ad hoc. Si bien la herencia de los caracteres adquiridos de Lamarck era un posible mecanismo de evolución, no tenía fundamentos empíricos. Por otra parte, para proveer una evolución adaptativa, Lamarck plantea un concepto metafísico, "el impulso vital", a partir del cual los organismos satisfacen sus necesidades. La teoría saltacionista de Geoffroy Saint-Hilaire al menos podría justificarse mediante la observación

de diferencias enormes, generalmente monstruosas, de variaciones en la naturaleza. Sin embargo, estas variaciones individuales no juegan ningún papel en la teoría porque no hay mecanismos que expliquen las transformaciones de las especies a partir de ellas. Si de alguna manera, la forma variante puede reproducir su propio tipo, podría formarse una nueva especie, pero siguiendo este postulado no se produciría ninguna alteración en las especies existentes.

Notablemente, la teoría de Darwin carecía de entidades no observables como fuerzas, campos o átomos. No había cuerpos abstractos e idealizados moviéndose en trayectorias ideales de los cuales los objetos reales se apartan en mayor o menor medida. La revolución newtoniana del siglo XVII, en la cual la idealización jugó un rol central y esencial, fue totalmente desplazada, en espíritu y método, por la revolución darwiniana del siglo XIX. Esto se logró abandonando los conceptos metafísicos y concentrándose en la variedad real de los objetos naturales.

La teoría de la selección de las variaciones es, en sí misma, incompleta como una explicación de la evolución. En primer lugar, no se ocupó del origen de las variaciones, lo que resultó ser un problema extremadamente desconcertante para Darwin. Si la selección causa la reproducción diferencial de las variantes, las poblaciones estarían compuestas de manera uniforme, de los tipos más adaptados entre aquellos disponibles al comienzo del proceso. Pero luego no habría más variaciones para que continúe la evolución. La evolución darwiniana por selección de variantes es un proceso de retroalimentación negativa, que consume el combustible (variaciones) del cual se alimenta y destruye la condición para un mayor desarrollo. La suposición de que la evolución ha ocurrido por millones de años, y que continuará en el futuro, requiere tanto del postulado evidente y absurdo de que todas las variaciones, alguna vez seleccionadas en la historia de la vida, estaban presentes desde el comienzo, como que existe un mecanismo que genera nuevas variaciones. Darwin trató este problema solo de manera general,

alegando que las condiciones cambiantes del ambiente despertaban variaciones específicas en los organismos y esto implicaba que dicha variaciones inducidas fueran heredables.

En segundo lugar, incluso si hubiera habido un mecanismo que explicara el origen de las variaciones, Darwin no estableció ningún mecanismo para su herencia. Vaciló acerca de la naturaleza de la herencia. En 1868, en *La variación en los animales y las plantas domesticadas*, presentó la "teoría provisional de la pangénesis", que postulaba que grandes cantidades de "gémulas" no observables brotaban de varios órganos y de alguna manera llegaban a los órganos reproductivos.[20] La teoría de selección natural no requiere un mecanismo detallado de herencia, excepto por el problema de la variación. Darwin creía en la herencia mezclada, que postulaba que las características de la descendencia eran intermedias a las de los padres. Pero tal método de herencia reduciría rápidamente la variación en las especies como una consecuencia directa de la reproducción sexual: con el solo hecho de mezclar diferentes pigmentos, pronto se llegaría a un color uniforme. No se propuso ninguna solución satisfactoria para esta contradicción hasta el redescubrimiento de los experimentos de Mendel en 1900.

En tercer lugar, la teoría de la selección de las variaciones puede explicar la transformación lenta, en el tiempo, de una especie individual, pero no puede explicar la separación de las especies en diversas ramas. Para explicar la diversificación, fue necesario incluir enunciados relacionados a la distribución geográfica de las especies. Si algunos miembros de una especie colonizan un territorio nuevo, por ejemplo una isla, en el que las condiciones ambientales son diferentes del ambiente del que provienen, la selección natural va a producir una nueva variedad de organismos. Como resultado de las nuevas adaptaciones, la población de la isla no podrá reproducirse

[20]Darwin, Charles: *La variación en los animales y las plantas domesticadas*, traducción de Jesús Purroy, 2007, en www.jesuspurroy.cat/variacion.html.

con la población de origen. Darwin tuvo en cuenta este proceso de especiación por aislamiento geográfico. Actualmente, este es considerado el proceso más importante de diversificación.[21] También postuló que la especiación puede ocurrir en organismos dispersos en grandes áreas con diversas condiciones ecológicas, incluso si no hubiera fronteras geográficas definidas entre las poblaciones. Las modernas teorías evolutivas ponen menos énfasis en el proceso de especiación en una distribución casi continua de las especies, pero la especiación indudablemente ha ocurrido bajo tales circunstancias.

III. Genética y evolución

Razas y especies

La teoría de la evolución darwiniana postuló que la variación entre los individuos dentro de la población se transformaba en diferencias entre las poblaciones a lo largo del tiempo y el espacio. La teoría genética de la evolución identifica tres maneras en las que ocurre esta transformación. Primero, la selección dentro de la población disminuye la variación pero incrementa la frecuencia de una de las variantes en el tiempo, cambiando la composición de la población y la distribución de las características. En segundo lugar, en diferentes partes del área de distribución geográfica de una especie, la selección de diferentes genotipos causa divergencia entre las poblaciones. En este proceso, la variación dentro de las regiones disminuye mientras que la diferenciación entre las regiones aumenta. En tercer lugar, la deriva génica causa una pérdida de variantes genéticas dentro de una población, pero debido a que no es direccional, las diferentes poblaciones se enriquecen en diferentes genotipos a medida que ocurre la diferenciación en el espacio.

---

[21] Mayr, E. *Animal species and evolution*, Cambridge: Harvard University Press, 1963

Además, la deriva génica puede promover resultados alternativos de un mismo proceso selectivo, que una vez más aumenta la divergencia entre las poblaciones y la disminuye dentro de la población. En todos los casos los diferentes genotipos que vienen a caracterizar las diferentes poblaciones, temporal o espacialmente, eran en determinado momento componentes de la variación genética dentro de la población. Es esta separación de una población originalmente heterogénea en otras más homogéneas lo que parece ir en sentido contrario a la entropía.

La diferenciación de las poblaciones en el espacio depende, por un lado, de una restricción de la migración que ejerza una fuerza centrífuga de la deriva génica y, por otro lado, que la selección diferencial no quede solapada por el proceso de aleatorización. Si las poblaciones están totalmente aisladas unas de otras, por ejemplo, en diferentes islas, no hay límite para que ocurra la divergencia, excepto la disponibilidad de variación genética. En la teoría evolutiva moderna, dos poblaciones que difieren en la frecuencia de cualquier gen son denominadas razas geográficas. Puesto que es probable que cada población que está parcialmente aislada difiera en alguna pequeña medida, esto hace que el concepto de raza geográfica sea sinónimo del de población local. Si la diferenciación es mayor, los alelos pueden ser esencialmente puros en diferentes poblaciones, por lo que los individuos presentan características reconocibles de su población. Esta etapa de la divergencia corresponde a la categoría taxonómica de subespecie, pero realmente es una forma extrema de raza geográfica. En realidad la división de la diferenciación de la población en distintas etapas es un vestigio de la vieja visión tipológica y no guarda una clara relación con el proceso continuo de diferenciación evolutiva. La divergencia por el aislamiento puede volverse suficientemente grande como para provocar la imposibilidad biológica del pasaje de genes entre las poblaciones, ya sea, porque la descendencia híbrida no sobrevive o porque existen barreras morfológicas, fisiológicas o comportamentales. En esta

etapa las poblaciones son especies diferentes, su evolución futura es genéticamente independiente, excepto que interactúen como competidores en una comunidad. Si las dos especies formadas entran en contacto en una etapa temprana de la especiación, la selección generalmente reforzará las barreras para el apareamiento, ya que los individuos que pierdan sus gametos en la formación de híbridos inviables o estériles dejarán menos descendencia.

Esta descripción bastante general de la acumulación de diferencias genéticas entre poblaciones aisladas hasta la formación de nuevas especies, es todo lo que la teoría genética evolutiva actual tiene para decir sobre el origen de las especies. No tenemos conocimiento de la naturaleza real de las diferencias genéticas entre las especies en cualquier etapa de su divergencia. La inviabilidad o esterilidad del híbrido, ¿involucra solo algunos genes o existe una diferenciación mayor en el genoma?, ¿es la especiación la consecuencia directa de la selección de diferentes relaciones ecológicas o es una etapa accidental de un proceso general de divergencia genética?, ¿cuál es la velocidad relativa de la divergencia inicial comparada con la velocidad durante el periodo de refuerzo del aislamiento reproductivo? No lo sabemos.

Existe una dificultad más profunda. La descripción genética de la formación de las especies es una descripción puramente mecánica y bastante imprecisa, de cómo una sola población, cuyos miembros pueden aparearse, se divide en dos grupos aislados reproductivamente. Pero no se tiene en cuenta el hecho de que la descripción involucra la formación de una entidad biológica nueva que debe interactuar con otras especies y formar parte de una comunidad ecológica. La descripción genética de la especiación implica la existencia de una selección diversificada sin la descripción de su contenido. Es una cinemática sin una dinámica. No enfrenta el problema de la transformación de la cantidad en la calidad. No explica cómo a partir de los cambios genéticos surge una especie biológica nueva y no solo otro conjunto génico. Este fracaso de la

teoría genética evolutiva surge porque la naturaleza de la teoría es totalmente formal y porque reduce todas las cualidades de la interacción de los organismos entre sí y con el ambiente físico a una simple variable cuantitativa, el fitness.

Novedad y adaptación

En las décadas posteriores a la aceptación de la teoría de Darwin, persistía la duda sobre la eficacia de la selección natural para producir algo nuevo. En general, se reconocía que la selección puede reducir la frecuencia de anormalidades graves en la población, eliminar tipos inviables y en consecuencia incrementar la frecuencia de los tipos mejor adaptados. Pero, cómo ya fue señalado, ¿puede reducir la frecuencia de partes que representan una leve desventaja o solo aquellas deficiencias más graves? ¿Puede la selección preservar solo lo que ya estaba presente? ¿Puede introducir algo nuevo?

Entre 1920 y 1930 fue proporcionada una respuesta parcial a partir del desarrollo matemático de la genética de poblaciones. J. B. S. Haldane, R. A. Fisher y Sewall Wright formalizaron los principios darwinianos y las reglas de la genética mendeliana en una teoría cuantitativa. Esta mostraba que, incluso con una selección muy débil y con una baja tasa de mutación, la población puede cambiar drásticamente en una escala de tiempo mucho más corta que la del tiempo evolutivo. Fueron capaces de concluir que si algo nuevo aparece a partir de mutaciones y representa una pequeña ventaja, reemplazará el tipo previo en esa población.

El poder de la teoría matemática y su defensa experimental, a partir de estudios de poblaciones de laboratorio y de plantas y animales de cría, condujo a su aceptación general. Fue considerado no solo un modelo útil que podía aplicarse a períodos cortos del proceso adaptativo fácilmente monitoreados, sino también a nivel macroevolutivo. En la "nueva síntesis" de la teoría evolutiva de 1930 y 1940, se consideró que la macroevolución es el resultado de

una microevolución continua por un largo período de tiempo. El problema del origen de las novedades se respondió de la siguiente manera:

1. Se forman características nuevas producto de mutaciones al azar.

2. Los genes poco comunes se vuelven frecuentes a través de la selección, y luego, puede producir juntos nuevas combinaciones que se manifiestan en características que no existían previamente.

3. Una aleatoriedad de orden superior, debido a la fijación de genotipos, incluso desventajosos en pequeñas poblaciones, produce variaciones interpoblacionales que pueden ser seleccionadas. Esto, además, puede ser la base a partir de la cual la selección continúa (este es el aporte especial de Wright).

Sin embargo, el enfoque de la genética cuantitativa se mantuvo aislado del desarrollo de la biología y la ecología. Los fenotipos y el ambiente ingresan solo formalmente como coeficientes. No se hace referencia a qué tipos de novedades pueden surgir o bajo qué circunstancias podrían ser ventajosas. Podríamos decir que, en términos generales, es una teoría del mejoramiento cuantitativo de las adaptaciones preexistentes.

Algunos autores, incluyendo a Richard Goldschmidt,[22] concluyeron que los cambios cuantitativos resultantes de la selección no pueden dar cuenta de la novedad. Goldschmidt sostuvo que los eventos macroevolutivos son de una especie diferente de los procesos adaptativos de la microevolución. A pesar de que son eventos aleatorios, no son de la clase de los producidos por variantes mutacionales ordinarias. En lugar de esto, consideró que la fuente de cambio era la reorganización radical del sistema genético, alterando el patrón de desarrollo completo. Por lo general, estas macromutaciones serían inviables, pero en el extraño caso de que confie-

[22]Goldschmidt, R. *The material basis of evolution* Cambridge: Yale University Press, 1940

ran una ventaja, iniciarían una dirección evolutiva completamente nueva. Sin embargo, su teoría alternativa no resuelve realmente el problema. Incluso, si su idea de macromutaciones fuera correcta, en la teoría no expuso que tipos de variaciones podrían surgir o incluso qué tipos serían viables. Permanece el problema de la creatividad de la evolución: el origen de los cambios cualitativos a partir de los cambios cuantitativos.

La idea marxista-hegeliana, de que los cambios cualitativos pueden surgir de los cambios cuantitativos, iba en contra del materialismo mecanicista que predominaba en la ideología del trabajo de los científicos. En la visión mecanicista del mundo, los cambios en la posición, cantidad, velocidad e intensidad era comprensibles, previendo la demostración de etapas intermedias. Pero los cambios discontinuos o cualitativos eran misteriosos. Darwin creía que "la naturaleza no da saltos". Por lo tanto tomó como evidencia más fuerte de su teoría la existencia de formas intermedias y admitió como una imperfección la ausencia de intermediarios y el registro fósil incompleto. Posteriormente los biólogos, compelidos a aceptar la evidencia de la evolución, buscaron las maneras de ver el cambio evolutivo solo como un epifenómeno. Así es la visión de August Weismann, de que la abundante diversidad de animales fue *simplemente* la recombinación de un hipotético "idioplasma" inmutable. Así como los esfuerzos más modernos de definir evolución como el cambio en la frecuencia de los genes en una población, también reflejan la tendencia de que la constancia cualitativa es más importante que el cambio y que las diferencias cualitativas son, en algún sentido, ilusorias. Sin embargo, a regañadientes, la ciencia ha aceptado la realidad del cambio cualitativo y la importancia de su discontinuidad. Las fases de transición entre el estado sólido, líquido y gaseoso son ejemplos familiares. Las variaciones continuas en las fuerzas opuestas que mantienen juntos o separados a los átomos, llegan a determinados umbrales en los cuales la fuerza más débil se hace más fuerte y cambia el comportamiento de la totalidad.

Algunos cambios cualitativos en biología dependen de tales fases de transición en la estructura física subyacente. Por ejemplo, las enzimas se desnaturalizan a alguna temperatura crítica y las moléculas que forman la cera de la cutícula de algunos insectos pierden su orientación cuando la temperatura excede un valor umbral, momento en el cual el cuerpo del insecto pierde agua rápidamente. Otros umbrales comprometen interacciones más complejas, por ejemplo, la transición, en los mamíferos, entre el desarrollo continuo y la dormición se produce por un cambio en la duración de los días en un rango de menos de media hora. En cada caso las propiedades dinámicas y estructurales determinan el umbral, pero las moléculas específicas que responden a esos umbrales son el resultado de la selección.

Detrás del cambio evolutivo hay dos tipos de cambios cualitativos importantes. El primero, es el cambio en las características de los organismos en sí mismas, que pueden surgir abrupta o gradualmente como consecuencia de un proceso continuo. Pero el segundo, es el cambio en las fuerzas de selección que pueden convertir un efecto secundario en uno con una significancia adaptativa principal. Tales cambios pueden, además, convertir desventajas netas en ventajas. Una característica que surgió repetidamente en una población, a través de procesos no adaptativos, y que se mantuvo restringida a una minoría, de repente se selecciona y se extiende a través de la totalidad. Ya que la mayoría de los fenotipos existentes están donde están, producto del balance temporario de fuerzas opuestas, un cambio en el contexto de la selección puede convertir rasgos perjudiciales o neutrales en beneficiosos.

Por otra parte, cada "rasgo", cada estructura o proceso fisiológico de un organismo, tiene muchas otras propiedades, además de aquellas por la que fue seleccionado en el curso de la evolución. En primer lugar hay propiedades que nunca interactúan con el ambiente, como el color del hígado de un animal. En tanto el interior del cuerpo es oscuro, ese color no tiene absolutamente

ningún significado para la supervivencia del animal. El color es la consecuencia de varias funciones del hígado, como la hemolisis, la producción de enzimas digestivas y la localización de procesos bioquímicos especiales. No es un rasgo neutral, del que podría esperarse que presentara una variación aleatoria de una especie a otra, ni es un rasgo adaptativo propiamente dicho: es el producto de la selección sin haber sido seleccionado para ello.

Un fenómeno similar ocurre en relación a la velocidad de respuesta de un proceso. Las enzimas, que han sido seleccionadas por su velocidad de reacción a una temperatura a la cual el organismo esta normalmente expuesto, también responden a temperaturas que no se encuentran en la naturaleza. Estas velocidades no son completamente independientes de aquellas que se presentan a temperaturas normales. A pesar de que las temperaturas altas generalmente aceleran las velocidades de las reacciones químicas, los organismos expuestos a bajas temperaturas lo compensan con enzimas altamente reactivas a temperaturas bajas. Pero esta característica hace que las enzimas se desnaturalicen fácilmente y pierdan su función a temperaturas mayores. Por lo tanto cuanto menor sea la temperatura en la que la adaptación tuvo lugar, más baja será la temperatura a la que se desnaturaliza la enzima. Dicha temperatura es, a su vez, un indicador de las circunstancias de la selección, ya que no se seleccionaron enzimas que se desnaturalicen a 65 °C.

Es obvio que el oído del mamífero es un órgano para escuchar, sin embargo, tiene otras propiedades. Por razones acústicas es un órgano delgado con una gran área de superficie, los vasos sanguíneos no pueden ser profundos, por lo tanto el calor se pierde con facilidad. De hecho, los animales del desierto tienen, por lo general, oídos extraordinariamente grandes que sirven como órganos reguladores de la temperatura. En este caso, vemos como un subproducto de la evolución de un órgano tiene propiedades que se convirtieron en objeto de la selección bajo las condiciones especiales del desierto. Pero un gran superficie emitiendo calor, con

circulación de sangre cerca de la superficie, es muy atractivo para los insectos succionadores de sangre y garrapatas. Puede observarse que las moscas, mosquitos y garrapatas se congregan alrededor del oído de sus huéspedes. La adaptación de este órgano para escuchar y disipar el calor generó un nuevo problema, que a menudo se manifiesta por el patrón nervioso y muscular de mover bruscamente la oreja. Finalmente, el oído actual, es el resultado de una historia de significaciones cambiantes para el mamífero.

Lo mismo ocurre a nivel poblacional. Las fluctuaciones en la población, y las propiedades dinámicas en general, dependen de los parámetros demográficos de mortalidad y fecundación por edades. En general, si la reproducción está concentrada en períodos cortos cerca del final de la vida, la población va a responder a las perturbaciones con fluctuaciones pronunciadas. Pero si la reproducción comienza a edades tempranas por un período largo de tiempo, las fluctuaciones son más reducidas. Sin embargo, la selección actúa sobre la fecundidad y mortalidad mediante sus efectos sobre el fitness de los diversos genotipos en la población, no mediante sus efectos sobre las oscilaciones de la población. Si las condiciones ambientales, como por ejemplo, una alta mortalidad inespecífica, favorecen la reproducción temprana las fluctuaciones de la población pueden reducirse. Por el contrario, donde exista una ventaja ecológica en retardar la reproducción, las fluctuaciones pueden aumentar. Pero una vez que haya surgido un patrón de fluctuaciones, este representa en sí mismo un hecho para la vida de dicha especie y de las demás. De esta manera surgen nuevas presiones de selección como resultado de la evolución anterior.

En resumen, cada característica tiene propiedades adicionales, además de aquellas por la que inicialmente fue seleccionada. Estas propiedades, son consecuencias no seleccionadas de la selección, crean nuevas posibilidades y nuevas vulnerabilidades. Esto implica que ante circunstancias cambiantes pueden convertirse en el principal objeto de la selección. Además, el significado evolutivo de

una característica puede cambiar drásticamente de un grupo a otro y a través del tiempo. Los huesos en el oído medio de los mamíferos formaban parte de la mandíbula de nuestros ancestros y más antiguamente derivan de los arcos branquiales de los peces. La regurgitación, la habilidad de eliminar sustancias irritantes del tubo digestivo, ha sido una adaptación para la alimentación de la cría en algunos grupos de organismos y para la defensa en algunas especies de gaviotas.

En el caso extremo, lo imposible se vuelve posible y luego necesario. Un ejemplo destacable es la revolución del oxígeno. El oxígeno es una sustancia muy tóxica para la mayoría de los constituyentes de la célula. Poder evitarlo o protegerse del oxígeno debe haber tenido un valor selectivo muy fuerte en algún momento. Los organismos anaeróbicos sobreviven aún en nuestro planeta habitando lugares en lo que el oxígeno no penetra. Pero otros organismos que se relacionan con esta molécula, por un lado poseen mecanismos de desintoxicación y, por el otro, permiten e incluso estimulan su interacción con las sustancias orgánicas de la célula. Por un lado, pueden eliminar el oxígeno como un veneno, y por el otro, facilitan la liberación de energía química, incrementando la eficiencia metabólica. Los organismos que utilizan el oxígeno se volvieron muy predominantes, pero la dependencia del oxígeno generó nuevas vulnerabilidades. La ausencia de oxígeno es una amenaza más inmediata que la falta de alimento, por esto la mayoría de los organismos está excluido de los ambientes carentes de este gas. Los órganos internos han evolucionado para distribuir el oxígeno de manera eficaz. Por lo tanto, las condiciones que impiden su transporte, como problemas circulatorios, anemia, intoxicación con monóxido de carbono, son nuevas amenazas para la supervivencia. Otro ejemplo, a menor escala, se observa en ciertos microorganismos que no solo toleran sino que requieren el antibiótico estreptomicina. Y podemos esperar que alguna nueva sustancia tóxica introducida en nuestro ambiente por la actividad industrial

descontrolada se vuelva un requerimiento nutricional para alguna bacteria.

La ecología evolutiva no es tanto el estudio de las características cambiantes de los organismos en un ambiente en particular, como el estudio de patrones cambiantes en respuesta al ambiente. Pero los seres vivos no responden "al ambiente" como un todo, sino que reaccionan a un aspecto del ambiente: un organismo puede detectar la aparición del invierno por el acortamiento de las horas de luz en un día, la disminución de la temperatura o el deterioro de la nutrición. Un predador puede ser detectado por su olor o silueta, una planta por su forma, olor o color.

No todas las respuestas al ambiente son adaptativas. A veces, los árboles, especialmente aquellos que se introdujeron en climas nuevos, "malinterpretan" el clima cálido en la primavera temprana como un indicador de la finalización de la estación fría. Entonces, comienzan a florecer y formar sus frutos, pero luego pierden su cosecha en una helada. Si una especie ha sido expuesta a un patrón climático por mucho tiempo, la selección actúa sobre la norma de reacciones que aumentan la supervivencia. Sin embargo, el valor de supervivencia de una respuesta no está determinado por las propiedades físicas del factor en sí mismo, sino porque este indica que factores del ambiente son críticos para sobrevivir. La señal actúa como un factor de predicción de las condiciones futuras. Condiciones que indican hasta qué punto, en el futuro, el organismo depende de esas características particulares, del tiempo que le toma responder y de si la respuesta es reversible o irreversible.

Por lo general, las señales que evocan respuestas comportamentales son indicadores inmediatos de alimento o peligro y el comportamiento, en sí mismo, desaparece mientras ocurre. Sin embargo, algunas respuestas, como la dormición, el cambio de un crecimiento vegetativo a uno reproductivo o a la reproducción en los mamíferos, son más prolongadas. La señal que evoca la respuesta debe indicar no solo las condiciones presentes, sino las futuras.

El campañol (un roedor) responde a las condiciones de la hierba produciendo mayor o menor descendencia. Por lo tanto, responde a un indicador de la disponibilidad de alimento para las próximas cinco semanas de gestación y lactancia. Otros ejemplos son los árboles que responden a la aparición de la estación lluviosa. Si responden de forma prematura a las lloviznas, pueden perder sus hojas por desecación, pero si se retrasan corren el riesgo de defoliación por parte de los insectos comedores de hojas que saldrán de su letargo de la estación seca. Por lo tanto, el patrón de respuesta al ambiente está sujeto a una selección intensiva que debe ser extremadamente localizada.

El sistema adaptativo de los animales consiste de tres partes. La primera, es el sistema de información-captura, que incluye los órganos de los sentidos típicos de los animales. Pero que también incluye órganos especiales, como el ojo parietal de los reptiles y el ojo simple de los insectos, los cuales no registran imágenes sino solo la duración e intensidad de la luz. También incluye estados fisiológicos más difusos. La segunda parte del sistema adaptativo es el sistema de respuesta, que involucra la parte motora del sistema nervioso, los músculos, hormonas que afectan la movilización de energía, hormonas que regulan el desarrollo y la dormición en insectos y, a niveles más finos, los componentes celulares de la regulación bioquímica.

Ambos sistemas dependen del funcionamiento coordinado de componentes que interactúan y se reprimen mutuamente. La relación que se establece entre las partes, por ejemplo en el sistema visual, no depende tanto de lo que se ve sino de las propiedades de la luz. Otro ejemplo es la coordinación de los músculos en el vuelo o en el salto, que no está tan determinada por el motivo que origina dicha acción sino por los mecanismos de equilibrio y locomoción. Si bien los mamíferos son bastante similares en sus sistemas visuales y en la respuesta fisiológica al estrés (liberan adrenalina y reservas de energía, incrementan la presión sanguínea y la frecuencia cardíaca

e intensifican el estado de alerta), difieren en el factor que provoca el estrés, es decir en las señales que son interpretadas. Por lo tanto, la coherencia interna entre la información-captura y el sistema de respuesta convierte a estos aspectos en los más conservados del organismo. A veces, esa conservación es malinterpretada para dar una noción exagerada de la continuidad evolutiva, especialmente en la discusión del comportamiento humano.

La diferencia importante radica en el sistema de interpretación de señales que conecta estos dos sistemas. El sistema de interpretación tiene varias propiedades especiales. Primero, como la respuesta más ventajosa a una señal no depende de las propiedades físicas de esa señal, sino de su valor como pronosticador o correlato de otros factores o contextos ecológicos variables, se requieren diferentes respuestas. En consecuencia, el sistema de interpretación es altamente delicado. Esto da como resultado la formación de poblaciones locales cuyos sistemas de recepción y respuesta son similares pero que difieren en los umbrales e intensidades de las respuestas. Por ejemplo, los insectos que responden al acortamiento de la longitud del día ingresando a un estado de dormición, por lo general, muestran un patrón distintivo según la latitud. La longitud del día, como indicador de la posibilidad de producir una nueva generación antes del invierno, varía según las latitudes. Por el contrario, como consecuencia de la relativa conservación de los sistemas de información-captura y repuesta, el acoplamiento de la señal y la respuesta correspondiente, está sujeto a cambios rápidos y a mucha variación.

En segundo lugar, no hay dos situaciones ambientales realmente idénticas, por lo tanto, no es posible tener un sistema adaptativo con normas particulares de respuesta para cada circunstancia. Mejor dicho, el organismo ignora muchas diferencias entre las situaciones. Si las situaciones requieren las mismas respuestas, el agrupamiento de señales no representa una desventaja. Pero, cuando determinadas condiciones similares requieren diferentes respuestas, hay una

gran ventaja en percibir las diferencias más sutiles del ambiente. Teniendo en cuenta que ocurren diferentes tipos de señales simultáneamente, que ingresan a través de diversas vías y que existen diferencias en el estado interno del organismo, por ejemplo su grado de hambre, es evidente que el sistema de interpretación se torna bastante complejo. Una cantidad de procesos adaptativos pueden utilizar el mismo patrón, permitiendo a los procesos influirse mutuamente de una manera no adaptativa.

Tercero, si la respuesta de un organismo al entorno depende del estado de una simple variable, por ejemplo la temperatura, y si la respuesta correspondiente es volverse activo cuando las temperaturas se encuentra entre 14 y 45° C, entonces, la respuesta está bien definida dentro de ese rango. Las ambigüedades se encuentran alrededor de los valores extremos (14° y 45°). Pero, cuantos más factores diferentes afectan la respuesta y cuantas más respuestas alternativas existan, más cerca de cierto umbral está cada situación real. Por consiguiente, las normas complejas de reacción hacen que aumente la ambivalencia y la ambigüedad y en consecuencia aparece un nuevo patrón completo de comportamiento para resolverla. Los elaborados rituales de cortejo de muchos pájaros, peces y mamíferos se producen para distinguir cuáles son miembros de la misma especie y cuáles de otras especies o los potenciales competidores o presas. Estos comportamientos pueden ser vistos como adaptaciones, no al ambiente externo, sino al proceso adaptativo en sí mismo.

En cuarto lugar, como el sistema que interpreta las señales del ambiente y determina la respuesta es tan complejo, debe ser descripto en términos de un gran número de variables que interactúan de manera estrecha. Es probable que este sistema sea dinámicamente inestable, mostrando complicadas fluctuaciones de estado. Es improbable que alcance un estado de reposo (estado de equilibrio), incluso en ausencia de cualquier señal externa. Así, aparece la actividad espontánea en los organismos, fuera de la evolución

compleja de respuestas al ambiente. El sistema nervioso central es un ejemplo representativo cuando está aislado de un estímulo externo, genera su propio patrón de actividad espontáneo. Estas nuevas actividades, generadas internamente, pueden no tener un significado adaptativo inicial, a pesar de que son el resultado de la evolución adaptativa.

Por último, como la supervivencia del organismo depende del funcionamiento del sistema que interpreta el entorno, es de gran valor proteger ese sistema, tanto de alteraciones externas como internas. Por ejemplo, en los mamíferos, el cerebro tiene prioridad sobre el resto del cuerpo en la distribución del oxígeno y la energía.

El sistema adaptativo no se limita a la captura de información, la interpretación y la respuesta. Algunas respuestas requieren la verificación de que estas van a ser completadas. A veces esa verificación es directamente accesible, por ejemplo un animal deja de huir de un predador cuando no detecta más su cercanía. Sin embargo, en otras respuestas la acción en sí misma toma un tiempo corto, pero sus efectos en la supervivencia o la reproducción se manifiestan más tarde. Este es el caso particular de la nutrición y la reproducción. Los animales famélicos no comen continuamente hasta lograr un estado de buena salud, ni los animales copulan hasta que aparezcan las nuevas generaciones. Algunas señales, distintas a las relacionadas con el valor adaptativo, indican que la respuesta ha sido completada. La saciedad del hambre o la descarga sexual son correlatos de la nutrición y la reproducción que sirven como una retroalimentación directa de la regulación del comportamiento. La aparición de estos objetivos intermedios del comportamiento, es una consecuencia de la disparidad temporal entre la causa y el efecto. Pero una vez que aparecen, estos medios se convierten en fines. Todo el comportamiento complejo evolucionó alrededor tanto de la alimentación como de la sexualidad y ya no están relacionados a la nutrición y la reproducción.

El fracaso en la comprensión de los cambios cualitativos en la evolución está muy presente en el estudio de la evolución humana. Una forma de determinismo biológico ve el origen de las conductas humanas en las conductas sociales pre-humanas y enfatiza la continuidad de la evolución asignándoles el mismo significado. Mientras que los deterministas conservadores buscan una correspondencia uno a uno entre comportamientos particulares (por ejemplo, agresividad y guerras), los funcionalistas más flexibles intentan aplicar reglas de la ecología evolutiva de una manera más general. Argumentan que la cultura es el modo específico de adaptación humana al ambiente y, por consiguiente, podemos encontrar las razones adaptativas para cada práctica cultural en particular.

Esta escuela provee un poderoso antídoto para el enfoque que propone que los rasgos culturales son esencialmente caprichosos. Harris[23] y Vayda[24] argumentan que, para los melanesios, la cría de cerdos es una forma de almacenar alimento que surge como una adaptación frente a la incertidumbre de las cosechas. Mientras que las prácticas culturales que tienen algún significado ecológico, no agoten su significado social, el proceso de adaptación humana introduce un nuevo fenómeno. Por ejemplo, un amortiguador al fracaso de la cosecha local es el intercambio de productos entre localidades. En consecuencia, un funcionalista puede argumentar que ese intercambio es una adaptación a la incertidumbre ambiental. Pero la evolución del intercambio al comercio, precios de por medio, y su variación introduce mayor incertidumbre a la provisión de alimentos que la sequía. De manera similar, la división del trabajo en la producción puede ser descripta en términos de eficiencia técnica, pero en una sociedad de clases es también una forma de or-

---

[23]Harris, M.: *Vacas, cerdos, guerras y brujas: los enigmas de la cultura*, Alianza, Madrid, 2005.

[24]Vayda, A., A. Leeds and B. Smith: "The place of pigs in Melanesian subsistence", International Congress of Anthropological and Ethnographic Sciences, *Actes*, tome II, Ethnologie, nº 1, p. 653-658.

ganizar la explotación. O cuando la reserva de comida en el cuerpo es reemplazada primero por un almacenamiento físico externo, y luego por la acumulación de riqueza, desaparecen los límites físicos para la reserva y aparece la posibilidad de insaciabilidad.

El punto importante es que la sociedad humana surge de la organización social animal, pero así como lo hace, transforma el significado de la adaptación y crea nuevas necesidades. Como las sociedades dan lugar a la división en clases, la población humana deja de ser la unidad de adaptación. Luego, cada interacción habitual de personas de una determinada cultura con la naturaleza está definida por los intereses de las diferentes clases sociales, en sus relaciones conflictivas o cooperativas entre ellas.

El origen de la vida

Para los primeros evolucionistas, el problema del origen de la vida, no fue un tema central. En *El origen de las especies* Darwin mencionó el problema de forma ligera y metafórica al escribir "la *forma primordial, a la que se infundió vida por primera vez*".[25] No solo el problema parecía inaccesible, sino que generaba una contro-

---

[25]Hemos traducido esta frase directamente del original de Lewontin, ya que en la versión castellana que utilizamos no figura la expresión "a la que se infundió vida por primera vez", a pesar de que ella se encuentra en la primera edición de *On the Origin*..., de 1859, que se supone es la base de la traducción de Planeta-Agostini. La diferencia puede deberse a que, probablemente, la versión utilizada en realidad es la de 1861. Señalamos, de paso, que esta frase debe haber sido particularmente conflictiva en vida del propio Darwin, ya que en la segunda edición inglesa, de 1860, su autor agrega "by the Creator" a la oración de la que hablamos. En la de 1861, la frase se achica eliminando toda la parte que señalamos. La comparación entre las tres ediciones puede verse en www.darwin-online.org.uk. En la edición castellana que seguimos, el pasaje recortado se encuentra en la página 632, acorde, como señalamos a la inglesa de 1861 (N. del E.).

versia teológica. Separar el problema del origen de un fenómeno de su posterior trayectoria, parecería encajar con el espíritu newtoniano de la ciencia.

Durante la última parte del siglo XIX, la microbiología fue tomando la forma de una ciencia con orientación médica. Su mayor logro (la teoría germinal de las enfermedades) fue descubrir que, incluso la vida microscópica, no surge espontáneamente sino por la invasión de un medio adecuado por microbios preexistentes. Demostró así que la teoría de la generación espontánea era un mito. Pero sus defensores argumentaron que si la vida pudo surgir de las cosas sin vida en el pasado, por qué eso no podría estar sucediendo ahora. Una respuesta tentativa fue que la vida surge lentamente de las cosas no vivas y que en un mundo lleno de vida, una nueva forma sería engullida antes de que pudiera evolucionar. Sin embargo, si el origen de la vida significa el origen de moléculas orgánicas, aparece un nuevo problema: la mayoría de las sustancias químicas de importancia biológica son fácilmente oxidables y podrían ser quemadas en nuestra atmósfera tan rápido como se forman. Por otro lado, un mundo como el nuestro, con organismos vivos, es inadecuado, porque el primer requisito para el origen de la vida es su propia ausencia. Darwin lo comprendió claramente:

"pero si … pudiéramos concebir un pequeño charco caliente, con todos los tipos de amoníaco y sales fosfóricas, luz, calor, electricidad, etc., presentes, para que un compuesto proteico fuera químicamente formado, estos podrían todavía experimentar cambios mucho más complejos, en la actualidad dicho material sería instantáneamente devorado o absorbido, este no habría sido el caso en el que las criaturas vivas se formaron."[26]

El mayor obstáculo para el estudio del origen de la vida fue el sesgo filosófico que se desarrolló con la revolución copernicana y

---

[26]Darwin, Charles: "Letter to Joseph Hooker", february, 1871.

la Reforma. Esta visión sostenía que las personas y por extensión todas las formas de vida son insignificantes. Nos recordó que la vida ocupa una película de solo unas pocas decenas de metros de espesor sobre la superficie del planeta. Razón por la cual podría ser virtualmente indetectable desde el espacio y podría ser el producto de un ambiente particular pero no su causa.

Se produjo un gran avance entre los años 1920 y 1930, como resultado de discusiones principalmente entre marxistas británicos y soviéticos. Sobre la base de la noción de biosfera de V. I. Vernadsky y los más recientes y limitados trabajos de los científicos del suelo, quienes consideraron que este es el producto colectivo de procesos físicos y químicos, concluyeron que el oxígeno presente en la atmósfera es el producto de la vida en la tierra y que la atmósfera dentro de la cual surgió la vida era bastante diferente. Por otra parte, a pesar de que la vida surgió en el mar, este no era como el actual océano salado, cuya composición es el resultado de la lixiviación del suelo por los ácidos producidos por la descomposición orgánica.[27] De esta forma, el problema cambió: ahora se trataba de entender la manera en que se dio la coevolución entre la biosfera y sus habitantes.

Oparin se preocupó por la historia de los elementos químicos que formaron la materia viva (principalmente carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, azufre y fósforo).[28] Estos se encontraban primero como átomos libres en la atmósfera estelar y luego en compuestos simples que fueron formados a medida que la tierra se enfriaba. Concluyó que la tierra primitiva tenía una atmósfera reductora de metano, amoníaco, dióxido de carbono y agua, y que bajo esas condiciones pudieron surgir los compuestos orgánicos

[27]Lixiviación: proceso químico en el que un líquido pasa a través de un sólido pulverizado para disolver uno o más de los componentes solubles del sólido. Véase Wikipedia, "Lixiviación".

[28]Oparin, A.: *El origen de la vida*, Edicomunicación, Barcelona, 1998.

simples. Experimentos posteriores, realizados por Miller y otros, utilizando recipientes cerrados creados para simular la atmósfera primitiva y dando energía en la forma de descargas eléctricas, confirmaron que en esas condiciones se formaba una mezcla compleja de aminoácidos y otras sustancias.[29] Diferentes experimentos dieron origen a diferentes mezclas, pero la conclusión cualitativa es que dada casi cualquier simulación de una atmósfera primitiva, la formación de moléculas de importancia biológica es prácticamente inevitable. Estos resultados nos llevan a visualizar el mar primitivo como una sopa de moléculas orgánicas.

Existen dos escuelas en relación a la cuestión del paso crítico de la sopa orgánica a los organismos. Una visión se funda en la universalidad del sistema genético, que se basa en los ácidos nucleicos (ADN) actuales, para argumentar que la vida se originó en el gen, el cual luego acumuló estructuras auxiliares alrededor de sí mismo. La escuela alternativa considera que el gen en sí mismo es el producto de una larga evolución en los organismos primitivos. Esta última visión hace hincapié en que los componentes del ADN tienen otros roles biológicos importantes en la células y que su incorporación dentro del sistema de herencia presupone la existencia previa de estructuras y procesos auxiliares.

Pero el origen de la vida requiere más que la acumulación de moléculas orgánicas. Primero, estas moléculas deben estar separadas físicamente del medio circundante, esto tal vez tuvo lugar en la superficie de la arcilla o a través de la formación de partículas insolubles de un tipo coloidal. Y todo el proceso completo tiene que haber sido establecido en movimiento, ya que todos los organismos vivos están en un flujo dinámico, pasando por ciclos de síntesis de

---

[29]Miller, S.: "Production of some organic compounds under possible primitive earth conditions", *Journal of the American Chemical Society*, nº 77, 1955, p. 2351-2361.

proteínas y ácidos nucleicos, desarrollando una organización espacial, capturando energía y materia prima y reproduciéndose.

La cuestión del origen de los ciclos de vida, de sistemas dinámicos y no una mezcla de componentes, era imposible de pensar si el proceso era visto como ajeno a la materia. Se consideró que una mezcla de químicos alcanzó algún estado de equilibrio y que, luego, nada más sucedió. A menos que algún principio de vida adicional fuera introducido desde afuera. Sin embargo, los estudios recientes de la dinámica de sistemas complejos sugieren una visión diferente. Si tenemos un sistema abierto con muchos componentes de diferente clase, y si una pequeña fracción de estos acelera o inhibe la formación de otros componentes, luego el sistema, en lugar de alcanzar algún equilibrio estático, tiene una chance importante de estar en constante cambio, con la concentración de varios de los componentes aumentando y disminuyendo. Además, en los sistemas de complejidad moderada, las fluctuaciones pueden convertirse en regulares, de manera que el sistema pasa a través de ciclos repetitivos de actividad.

El problema pasa a ser la regulación de las fluctuaciones en los sistemas vivos, más que el origen del cambio. La regulación podría ocurrir de la siguiente manera. Muchas sustancias químicas, incluso las más simples, pueden afectar la tasa de reacción sin ser ellas mismas transformadas de forma permanente. Un ejemplo son las enzimas y coenzimas que pueden incrementar la tasa de reacción en varios órdenes de magnitud. Además, las enzimas son altamente específicas, de manera que de millones de interacciones posibles dentro de miles de tipos de moléculas, solo algunas son aceleradas. Desde la perspectiva de las reacciones aceleradas, los procesos no catalizados forman una base inmóvil en la cual ocurren los procesos bioquímicos críticos. Estos son separados de los procesos más lentos, de una manera dinámica más que física. Sus fluctuaciones se modifican con los cambios de velocidad y especificidad, sobre todo dentro de un susbsistema y pueden transformarse en procesos

cíclicos regulares. En consecuencia, la evolución de los procesos biológicos no consiste en la introducción de movimiento dentro de un sistema estático, incorporando todos los ingredientes necesarios, sino la modulación del movimiento caótico, que es el estado de existencia natural de los sistemas complejos. Esto nos ayuda a comprender el proceso de la muerte. Cuando las enzimas detienen su función, la alta velocidad de reacción de los procesos biológicos se ralentiza, se sumerge en el fondo del mar químico y el sistema pierde su identidad cinética.

Los que estudiaron el origen de la vida, también se preocuparon por el origen de la célula y de la gran transformación de la biosfera que acompañó la evolución biológica, la formación de la atmósfera con oxígeno, la aparición del suelo como un sistema geológico y biológico, la creación de la capa protectora de ozono y de los océanos y la invasión de la tierra por parte de los organismos. Ellos también observaron la revolución química causada por la actividad humana, la cual introduce dentro del ambiente nuevos tipos de moléculas a una velocidad de cientos por año. Este es el caso del dióxido de carbono, una sustancia familiar, aumentando una tasa que puede alterar las propiedades atmosféricas en un tiempo relativamente corto. Estos cambios que introducen nuevas fuerzas selectivas que afectan la evolución, especialmente en los micro-organismos, puede ser comparable a la revolución del oxígeno en sus consecuencias a largo plazo.

El fitness y las poblaciones

Los cambios en la composición genética de las poblaciones, por selección natural, dependen de la tasa de reproducción *relativa* de los genotipos. Un genotipo que tiene una probabilidad de 0,90 de vivir hasta la madurez y luego producir dos camadas de crías tiene la misma eficacia biológica relativa que el genotipo con un probabilidad de supervivencia de solo 0,45 que puede producir 4

camadas si sobrevive. No va a haber cambio en la frecuencia de estos genotipos en la población, ya que son igualmente aptos. Pero habrá una enorme diferencia en una población si esta está compuesta de individuos con una alta supervivencia y baja fecundidad o una baja supervivencia y alta fecundidad. Las poblaciones con baja supervivencia y alta fecundidad van a utilizar más recursos alimenticios, gastar más tiempo y energía en el cuidado parental, ocupar grandes territorios durante la época de nacimientos, ser más atractivos para los predadores en su forma juvenil, etc. Todo esto tendrá efectos en la comunidad en la que viven estos organismos. Si una especie desarrolla ese patrón va a depender de sus interacciones con otras especies de la comunidad, a pesar de que las fuerzas internas de la especie puedan conducirla en la dirección de ese programa reproductivo.

Supongamos que aparece una mutación en una especie con alimento limitado, la cual causa la duplicación de la fecundidad sin cambiar la eficiencia de recolección de alimento y el metabolismo. La mutación va a ser rápidamente extendida a través de la población, la cual va a tener luego el doble de fecundidad. Pero como la especie tiene comida limitada, la población adulta no va a ser mayor que la anterior. La población recientemente evolucionada estará en mejores condiciones de crecer rápidamente si hay un incremento en la provisión de alimento, pero su número final no será mayor que si tuviera fecundidad más baja. Por otra parte, si los predadores que se especializan en huevos o juveniles cambian su imagen de búsqueda a especies que tienen más abundancia en los estadios juveniles, puede reducirse la población o incluso llegar extinguirse. En general, el hecho de que una característica se incremente por selección natural no nos permite inferir las consecuencias de esa evolución para la población o la especie en su conjunto. Los cambios evolutivos dentro de una especie pueden causar su propagación, incrementar el número o tamaño de la población o provocar su extinción. Para entender las consecuencias,

necesitamos información cualitativa acerca del cambio biológico que ha tenido lugar y cómo afecta la relación de la especie con sus recursos y con otras especies.

La mayor parte del tiempo, la mayoría de las especies son más o menos estables en términos de distribución geográfica y número, a pesar de que ambos factores fluctúan. Al final, sin embargo, cada especie se extingue. No es posible una estimación exacta, pero sobreviven menos de una de cada diez mil especies que han existido. Hubo 280 géneros de trilobites y 30 familias en el comienzo del Ordovícico, hace 500 millones de años. Sin embargo, 250 millones de años más tarde, al final del Pérmico, no existía ni un solo trilobite. El promedio de vida de los carnívoros actuales es de sólo 8 millones de años, y la vida media para los carnívoros conocidos del registro fósil es de 5 millones de años.

La extinción y la especiación siguen tasas más o menos iguales a lo largo de los grandes grupos, entonces el número total de especies permanece más o menos constante a pesar de que ocurran tendencias temporales. Se observa un incremento, por ejemplo, lento y constante, del número de familias de moluscos bivalvos. En los últimos 500 millones de años se cuadriplicaron, ya que las tasas de origen han sido mayores a las de extinción, a pesar de que ambas han fluctuado ampliamente. Por otro lado, las familias de mamíferos decrecieron durante los últimos 30 millones de años cerca del 30 por ciento, después de haberse duplicado en los 30 millones de años previos, porque la tasa de aparición de nuevos grupos cayó con un factor de 5 desde la mitad del Oligoceno. Algunos de estos cambios en las tasas de extinción y origen pueden justificarse por la producción de eventos geológicos significativos, como la ruptura del gran continente único, Pangea, que comenzó hace cerca de 250 millones de años o por eventos climáticos de origen astronómico.

Todas estas explicaciones son totalmente diferentes en naturaleza a la teoría darwiniana y no mencionan la selección natural o la genética. Están enmarcadas en términos de cambios en la

diversidad de ambientes disponibles o en factores climáticos. De manera implícita en la explicación se encuentran los supuestos de que las especies van a evolucionar para llenar los hábitats o nichos ecológicos a medida que se vuelven disponibles, que las especies van a extinguirse a medida que los nichos desaparezcan y que los cambios climáticos pueden ocurrir a velocidades demasiado rápidas para que las especies puedan mantenerse. Es una visión que establece una división nítida entre los organismos y el ambiente. La historia del ambiente, en este enfoque, es conducida por fuerzas geológicas y astronómicas, mientras que la evolución orgánica es llevada a cabo en respuesta a las oportunidades que son creadas o destruidas por la historia del ambiente (ver capítulo 2, sobre la adaptación).

Los organismos y el ambiente

La biología pre-evolutiva hizo hincapié en la armonía de la naturaleza y la correspondencia del organismo y el ambiente, como evidencia de la benevolencia y sabiduría del creador. Por lo tanto, el ambiente fue considerado un recurso y las estructuras variadas de los organismos tienen como objetivo obtener dichos recursos. Esto establece una guía para la investigación, ya que piensa el problema de la siguiente manera: qué necesita este organismo para su desarrollo y de dónde lo obtiene. Por ejemplo, los seres humanos necesitan sombra, abrigo y combustible, entonces se crearon las áreas forestales para cubrir estas necesidades.

El surgimiento de la teoría de la selección natural cambió la actitud hacia el ambiente. En esta se establece que se produce más descendencia que la que puede sobrevivir y el ambiente selecciona a las más aptas (o mata a las menos aptas). Por lo tanto, en la lucha por la supervivencia, el ambiente es visto como hostil, como fuente de estrés, de peligro o como un obstáculo. Este rol del ambiente

esta expresado incluso como la ausencia pasiva de los recursos necesarios o como la disrupción activa de la vida (muerte por estrés térmico, infección o predación). El problema de investigación luego se convierte en cómo hacen los organismos para protegerse del ambiente. Los científicos estudian problemas como la resistencia al calor, homeostasis y adaptación. Para estos dos aspectos de la ecología (ambiente como recurso y como estrés) los trabajos modernos han incluido un tercer aspecto, el ambiente como información.

La dicotomía fundamental de la teoría evolutiva es la de organismo y ambiente. El organismo es activo, se describe detalladamente y es cambiante; el ambiente es pasivo y, en principio, se define superficialmente como algo fijo. Los organismos son los verdaderos objetos de la investigación biológica, mientras que el ambiente es una categoría auxiliar, que no está comprendido en ninguna disciplina biológica actual. Algunos aspectos físicos del ambiente como la temperatura, la humedad, la radiación, las propiedades del suelo son, por supuesto, estudiadas por la meteorología y climatología. En la actualidad no hay aún una biometeorología adecuada, esto es, la caracterización y el análisis del ambiente desde la perspectiva de los organismos que se enfrentan a ella. Se desarrolló alguna caracterización ambiental nueva, como la evapotranspiración (el agua total perdida por el ecosistema terrestre a través de la evaporación del suelo y la transpiración de la plantas) y la acumulación de días-grado (las especies de insectos parecen completar su desarrollo cuando han acumulado una cantidad de grados de temperatura por encima de un determinado umbral, y este dato es utilizado para predecir la emergencia de las principales plagas). Pero, en general, la descripción y el análisis del ambiente en los estudios evolutivos es sorprendentemente sencilla comparado con la comprensión de la estructura y los procesos relacionados con los organismos.

Debemos mencionar algunos aspectos del ambiente, antes de que podamos examinar la relación organismo-ambiente en mayor detalle. Primero, el ambiente es altamente heterogéneo en tiempo

y espacio. El patrón de una variación continua de temperatura y humedad mostrado en los mapas climatológicos representa promedios, que esconden gradientes locales o discontinuidades. Se puede observar que en los gradientes verticales de la temperatura desde el nivel de la superficie a través de la canopia e incluso en la vegetación baja, la variación puede ser mayor a 5°-10° C, además de la gran variación temporal de la temperatura. Las diferencias horizontales entre lugares con o sin vegetación, entre suelo, hojarasca o roca desnuda pueden ser muy grandes. El ambiente químico dentro del suelo, que es crítico para las comunidades de microorganismos, a menudo muestra profundas diferencias en distancias de un centímetro en las proximidades de las raíces de las plantas. Incluso pequeñas diferencias topográficas entre valles y crestas pueden estar asociadas con diferencias drásticas en las poblaciones de invertebrados. La heterogeneidad de los tipos de suelo es también discontinua, y los diferentes tipos están a menudo intercalados formando un patrón complejo. Por lo tanto, una caracterización ecológica significativa del ambiente debe describir, no solo las condiciones promedio, sino también la variación en tiempo y espacio y el "grano" (si ocurren condiciones particulares alternativas en pequeños o grandes parches, o por largos o cortos períodos comparados con la movilidad o el tiempo de generación de los organismos estudiados).

Los diversos aspectos del ambiente no son independientes unos de otros. Ellos tienden, más bien, a estar asociados de manera compleja. Por lo tanto, un organismo no está expuesto a todas las posibles combinaciones de temperatura, humedad, duración del día, intensidad de la luz y condiciones químicas. Esto nos permite clasificar los tipos de hábitats y estaciones. Por la correlación entre las condiciones ambientales, los organismos son capaces de utilizar algunas de ellas como indicadores y otras como pronosticadores de futuras condiciones. Así, surge la posibilidad de que un factor del ambiente en particular, evoque respuestas que no son adaptaciones para ese factor pero sí para las condiciones que este indica.

El ambiente es visto como información. El patrón estadístico del ambiente (las frecuencias y duraciones de diferentes condiciones) definen el problema adaptativo enfrentado por los organismos que viven en él y por lo tanto sus modos de evolucionar y el patrón de especies de una comunidad.

Como análisis preliminar, la separación del organismo y el ambiente o de los factores físicos y biológicos del ambiente (factores dependientes o independientes de la densidad, los requerimientos consumibles o no) han demostrado ser útiles. Pero si eventualmente se vuelve un obstáculo para avanzar en la comprensión, esta división del mundo en categorías mutuamente excluyentes puede ser satisfactoria desde el punto de vista lógico, pero no con respecto a la actividad científica. De manera ocasional, su compenetración se convierte en una preocupación importante de las investigaciones. Es en este sentido que los dialécticos rechazan la doctrina del tercero excluido. Nosotros destacamos varios aspectos de la compenetración organismo-ambiente que es contraria al modelo en el que el organismo es visto como inserto en un ambiente dado.

a. Los organismos seleccionan sus ambientes

Los animales seleccionan el ambiente de manera activa, respondiendo a las señales del entorno para encontrar el hábitat favorable. Incluso, en distancias extremadamente cortas encontramos diferentes poblaciones: en la cara abaxial y adaxial de las hojas, en las zonas de luz y sombras, en los valles y crestas, a menudo se encuentran diferentes habitantes. Las frutas en estado de descomposición, aparentemente homogéneas, establecen regiones diferentes que atraerán a distintas especies. Muchas especies de animales evitan las condiciones estresantes del desierto emergiendo solo al amanecer y al atardecer. Las plantas, que poseen menor movilidad, pueden orientar su crecimiento, coordinar la dormición con las condiciones de las estaciones y desarrollar mecanismos para la dispersión de

las semillas, de manera de estar expuestas solo a una parte del rango de condiciones físicas de un área.

En general, la selección del ambiente por parte de los organismos parece ser adaptativa; la selección del hábitat los pone en contacto con condiciones más favorables que la que podría resultar de un movimiento azaroso. Pero podría ser una sobresimplificación interpretar la selección ambiental como la búsqueda de las condiciones óptimas. Primero, lo que es óptimo depende del estado del organismo, resultado de su exposición previa al ambiente. Segundo, diferentes procesos en el organismo pueden tener diferentes requerimientos, por lo tanto el hábitat seleccionado puede ser una solución de compromiso entre las necesidades que entran en conflicto y los lugares más adecuados. Por ejemplo, muchas especies se reproducen, descansan y se alimentan en diferentes lugares. Puede ser que los habitantes de condiciones extremas no prefieran o requieran altas temperaturas o salinidad, pero tolerarlas les permite evitar predadores y competidores. Eventualmente, el hábitat seleccionado con respecto a un aspecto del ambiente, incluye otras condiciones ambientales que luego pueden convertirse en factores de selección.

b. Los organismos modifican el ambiente de varias maneras

Los organismos agotan los recursos que consumen, excretan en el ambiente los residuos que no pueden utilizar o que son perjudiciales, y su presencia en el hábitat deja evidencias que atraen predadores y parásitos. Estos efectos son subproductos de su actividad y no son adaptativos. Las estructuras y actividades de los organismos modifican directamente su ambiente físico inmediato. En la superficie de las hojas de las plantas verdes hay una película de aire, de aproximadamente un milímetro de espesor, que es rica en oxígeno y humedad y pobre en dióxido de carbono comparado con la atmósfera. Para ciertos hongos e insectos pequeños, esta superficie es su hábitat completo, los saltahojas de patas largas viven

sobre esta capa. Esta capa límite presenta ventajas y desventajas para la planta. Por un lado, retarda la pérdida de agua pero, por el otro, reduce el enfriamiento por evaporación. A su vez, esto puede reducir la fotosíntesis en días claros y calmos, pero proveer un hábitat propicio para las algas y líquenes, los cuales ayudan a la planta a capturar minerales de la lluvia. Sin embargo, estos organismos permiten que sobrevivan hongos y otros patógenos perjudiciales. La forma y la textura de la hoja determinan la persistencia de esta capa, por lo tanto, está sujeta a la selección natural en respuesta a requisitos opuestos. De manera similar, entre las hojas de una planta hay una región que tiene menor temperatura e intensidad lumínica y posee mayor humedad que la atmósfera circundante. La capa alrededor de la piel de un mamífero es más cálida, húmeda y rica en urea y este es el ambiente al cual los mosquitos adaptaron su comportamiento alimentario.

La influencia física de los organismos en su ambiente se extiende aún más lejos. Los árboles modifican las condiciones del viento y la temperatura a una distancia de cerca de 10 veces su altura y modifican las condiciones del suelo alrededor de sus raíces. Un bosque es el producto de todas sus plantas, animales y habitantes microscópicos, que conjuntamente estabilizan el régimen hídrico, filtran la luz, reconstituyen la materia orgánica del suelo, agotan los nutrientes, agregan productos de la descomposición y regulan la meteorización de la roca madre. Si el bosque es lo suficientemente grande, tiene además alguna influencia en las condiciones de las precipitaciones y la atmósfera. También especies particulares actúan en sus ambientes de una manera especial: lombrices, hormigas, termitas, roedores y pecaríes movilizan grandes cantidades de suelo; las hojas secas de la vegetación estacional aumentan la frecuencia, extensión e intensidad de los incendios; los insectos que comen hojas en grandes áreas cambian el microclima; los bichos taladro y las termitas ahuecan las ramas que las hormigas utilizan

para anidar pero que también permite la entrada de infecciones y que, por lo tanto, modifican la esperanza de vida de los árboles.

c. Los organismos modifican la estructura estadística de su ambiente

El estado de un organismo depende de ciertos aspectos ponderados de su ambiente en el pasado. Por ejemplo, para los insectos cuyo desarrollo depende de la acumulación de días-grado, la temperatura en el pasado está representada en el presente como una sumatoria. El alimento de un animal se va agotando y la influencia de la alimentación previa disminuye con el tiempo a una tasa que depende de la biología de la especie. Para criaturas con una elevada tasa metabólica, como los pájaros, el estado nutricional es la comida capturada en los últimos días, mientras que para un escorpión es la comida consumida en las últimas semanas o meses. Por lo tanto, un promedio a largo plazo de los ambientes reduce su imprevisibilidad. Además la movilidad de los organismos dentro o entre las generaciones cambia la agregación espacial de los habitantes en una secuencia temporal de las condiciones. Lo que perciben los organismos de vida corta o relativamente inmóviles como ambientes alternativos pueden ser captados por especies más móviles o de vida larga como condiciones promedio a lo largo de las áreas o años. Y el sentido de la heterogeneidad es significativo solo en relación a la tolerancia del organismo a diversas condiciones.

d. Los organismos determinan qué aspectos de su ambiente son relevantes y qué variaciones ambientales pueden ser toleradas o ignoradas

Por ejemplo, para las comunidades de aves el patrón vertical de la densidad vegetal es más determinante, como hábitat apropiado, que la composición de las especies de plantas. Y la diversidad en la altura de la vegetación determina la diversidad de especies de aves. Los insectos herbívoros que habitan el mismo lugar pueden

detectar la vegetación, no tanto por su densidad sino por la distribución de sustancias químicas comestibles y no comestibles. Para los lagartos anolis, cuya alimentación consiste en insectos, los recursos son definidos como distribuciones en tamaños de objetos en movimiento. Para algunas especies de hormigas como *Pheidole megacephala*, que evita la luz solar intensa, una pradera debe ser un mosaico cambiante de ambientes apropiados e inapropiados, mientras que para especies menos demandantes el mismo lugar es un área uniforme de forrajeo.

e. Como cualquier factor ambiental incide sobre el organismo, la forma física de la señal cambia

Sus efectos se extienden a través de muchas vías dentro del organismo, estas vías divergen y convergen y en cada paso el factor está representado por cambios en la actividad o cantidad de sustancias. Así en mamíferos, una caída de la temperatura externa resulta en un incremento en el consumo de azúcar, cambios en la frecuencia cardíaca y el patrón de circulación con una posible reducción de la energía, etc. En ambientes más cálidos que impiden que un insecto pase muchas horas por día buscando alimento puede provocar un estado fisiológico de hambre.

f. Los organismos responden a su ambiente

Cada aspecto del ambiente que incide en el organismo penetra a través de múltiples vías. Los cambios de la temperatura alteran la tasa de reacciones químicas específicas, actúa en los receptores sensoriales, puede desnaturalizar ciertas enzimas, estimula actividades neuronales particulares y evoca respuestas comportamentales. Podemos rastrear la influencia externa a través del organismo. Algunas vías intensifican la señal, un pequeño cambio en la duración del día puede determinar la diferencia entre dormición y

desarrollo continuo. Otras vías filtran influencias externas, amplias fluctuaciones en la ingesta de alimento resultan en pequeñas diferencias en la disponibilidad de glucosa al cerebro. Por lo tanto, el estado del organismo en un rango de ambientes es la combinación de lo que le sucede y lo que hace.

Deben tenerse en cuenta algunas características de las respuestas al ambiente. Las respuestas en sí mismas parecen ser el resultado de una ajustada red de interacciones mutuamente dependientes, mientras que están débilmente ligadas al proceso que evoca la respuesta. Por ejemplo, la interrupción de la dormición en las semillas de las plantas requiere el debilitamiento y apertura de la cubierta, la conversión de almidón en azúcar disponible, la iniciación del crecimiento del ápice radicular y otros procesos, los cuales necesitan estar íntimamente coordinados. Pero la señal que provoca estas actividades está conectada de manera flexible a ellos, y puede diferir incluso entre organismos muy relacionados. Por otro lado, las estructuras y procesos que capturan la información ambiental pueden estar conectados a diferentes respuestas. Así especies de hormigas relacionadas utilizan químicamente una sustancia similar como señal de alarma o de peligro, pero unas responden con una movilización defensiva y otras con el vuelo. También observamos que los animales se parecen más en sus reacciones de lucha o vuelo ante el peligro que en el factor que constituye dicho peligro. En el curso de la evolución las diferentes vías pueden ser mejoradas, suprimidas o recombinadas de tantas maneras que para cada evento ambiental, que no sea tan extremo como para anular la integridad biológica del organismo, no hay necesariamente una relación entre la forma física de la señal y la respuesta.

g. Si los organismos responden a su medio ambiente, luego el ambiente puede ser leído a través del organismo. Entonces, las unidades de medida del ambiente pueden ser traducidas en unidades de fenotipos

El botánico danés Raunkiaer fue el primero en reconocer este principio en su clasificación de las formas de vida.[30] La medición de las frecuencias relativas en la vegetación de árboles, arbustos, hierbas, enredaderas, de hojas grandes o pequeñas, de hojas enteras o cortadas, de hojas siempre verdes o deciduas, de hojas delgadas o suculentas, reflejan el régimen climático. Por lo tanto, la tabla que muestra esta distribución es, también, un indicador del clima. Una selva puede ser reconocida por sus formas de vida incluso cuando no esté lloviendo.

El mismo principio se aplica para propiedades de corta duración. Por ejemplo, en el laboratorio podemos seguir el crecimiento de la mosca de la fruta a diferentes temperaturas y graficar el número de cerdas versus la temperatura. Luego, podemos recolectar moscas en la naturaleza, encontrar el número promedio de cerdas y reconocer, a partir de los datos del laboratorio, la temperatura a la cual estas moscas se desarrollaron. Además, la varianza entre las moscas silvestres, después de corregir la varianza entre las moscas criadas en condiciones uniformes, indica la varianza entre los habitantes donde la población silvestre se desarrolla.

h. La interacción recíproca del organismo y el ambiente tiene lugar a través de varias vías que conectan las escalas de tiempo individual y evolutivo

1. Los organismos seleccionan aquellos ambientes en los cuales pueden sobrevivir y reproducirse.

[30]Raunkiaer C. *Plant life forms*. Oxford: Oxford University Press, 1934.

2. Para el individuo esta selección activa determina a qué impactos del ambiente el organismo puede responder. En la escala evolutiva, esto determina a cuáles ambientes el organismo se adapta, qué tipo de selección experimenta.

3. El ambiente actúa de diferente forma sobre los diferentes genotipos. En algunos ambientes diferentes genotipos pueden responder de manera casi idéntica, mientras que en otros pueden producir fenotipos ampliamente distintos. En los ambientes que son explorados comúnmente por la población, hay menor variación entre las respuestas de diferentes genotipos, que en ambientes inusuales o extremos. En ambientes moderadamente extremos, la diferencia entre genotipos es amplificada, pero en ambientes muy severos las diferencias genéticas se vuelven irrelevantes. La uniformidad retorna como la letalidad. Por lo tanto, el medio ambiente como estímulo del desarrollo ayuda a convertir la variabilidad genética en variabilidad fenotípica disponible. El ambiente, como un filtro darwiniano, selecciona dentro de esta variedad. La mayoría de las teorías evolutivas ignoran este doble efectos del ambiente.

4. La forma en la cual el organismo modifica el ambiente depende de su genotipo. Algunos efectos del ambiente mejoran la supervivencia más que otros. Por lo tanto el ambiente selecciona el patrón de su propia modificación.

i. Cada parte o actividad de un organismo actúa como ambiente para otras partes

Gran parte de la evolución consiste en la adaptación de partes del organismo a otras partes. La mayoría de los argumentos acerca de la interacción organismo-ambiente también se aplica al ambiente interno del organismo.

"Ambiente" no puede ser entendido simplemente como el entorno, sin importar que tan dinámicamente lo concibamos. Es también medio de vida: la actividad del organismo sienta las bases

para su propia evolución. Esta fuerte relación entre lo que un organismo hace y lo que le sucede, es especialmente dramática en la evolución humana. Un fragmento del ensayo de Engels *El rol del trabajo en la transición del mono al hombre* redactado en algún momento entre 1872 y 1882, explora esta relación en la estructura lamarckiana de herencia directa de los caracteres adquiridos. Pero si remplazamos esa causa directa por la acción de la selección natural, el argumento crítico sigue siendo válido. El proceso de trabajo por el cual el ancestro humano modificó los objetos naturales para hacerlos apropiados para su uso es, en sí misma, la única característica que direccionó la selección sobre la mano, la laringe y el cerebro en una retroalimentación positiva que transformó la especie, su ambiente y su modo de interacción con la naturaleza.

j. Integración de las partes

Hegel advirtió que el organismo estaba formado por brazos, piernas, cabeza y tronco solo luego de pasar bajo el cuchillo de un anatomista. La fisiología y la embriología se han ocupado de muchos de los detalles de la interdependencia intrincada de las partes del cuerpo. Esta interdependencia permite la supervivencia cuando las partes funcionan bien, pero en condiciones patológicas esto produce un desastre general.

La correlación entre las partes se observa en sistemática, en la que nunca aparecen la mayoría de las combinaciones concebibles de rasgos. Por ejemplo, no hay reptiles pequeños que se alimenten de pasto o moluscos voladores. Por otra parte, en el curso de la evolución la relación entre las partes cambia. D'Arcy Thompson demostró que si la silueta de un animal se dibuja en una lámina, que luego se estira de diferentes maneras, simulando cambios en

las tasas de crecimiento relativo en diferentes direcciones, podemos producir las formas de otras especies relacionadas.[31] Por lo tanto, gran parte de la evolución puede ser interpretada como el desacoplamiento de la tasa de crecimiento relativo. Gould argumentó que la disociación de la maduración somática, en relación a la maduración sexual, da cuenta de la frecuencia observada de este fenómeno, mal interpretado como recapitulación.[32] Esto se observa en la neotenia (la desaceleración del desarrollo somático en relación al sexual) y la progenesis (completar la madurez sexual en un estadio juvenil e incluso larval). Cuando trazamos la evolución de líneas particulares, encontramos que la evolución rápida de algunas características deja a otras sin modificación. En realidad son estos caracteres conservados lo que permiten el trazado de la filogenia.

Por lo tanto, el problema es cómo tratar con la integración íntima y la disociación relativa de las partes de un organismo utilizando el mismo marco teórico. Debemos combinar en el análisis argumentos del desarrollo y la adaptación. Diferentes partes de un organismo pueden estar correlacionadas por diversas razones. Su desarrollo puede responder al mismo estímulo. Por ejemplo, en los mamíferos las hormonas esteroideas que promueven el crecimiento están también involucradas en la maduración sexual y en el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios. También, características que se desarrollan independientemente pueden tener el mismo inhibidor. Este mecanismo es importante en los insectos, en los que la hormona juvenil reprime otros procesos independientes del desarrollo. O una estructura puede inducir directamente a otra, como en la inducción del desarrollo del ojo por la copa óptica que se encuentra debajo de este.

---

[31]Thompson, D'Arcy: *On growth and form*, Cambridge University Press, Cambridge, 1917.

[32]Gould, Stephen: *Ontogenia y filogenia: la ley fundamental biogenética*, Crítica, Barcelona, 2010.

Dos partes distintas del organismo pueden regular mutuamente su crecimiento. Por ejemplo, se requiere tanto la absorción de minerales por parte de las raíces como la síntesis de carbohidratos en las hojas, para provocar el crecimiento de ambos órganos. Sin embargo cada estructura tiene acceso primero a sus propios productos. Si se remueven parcialmente las hojas, el nuevo crecimiento será principalmente sobre el suelo, pero si se cortan las raíces, se acelera el crecimiento de estas para restablecer una proporción estable entre los brotes y las raíces. Esa proporción está genéticamente determinada y puede ser alterada injertando raíces de un genotipo sobre raíces de otro genotipo.

Los tejidos similares pueden tomar nutrientes y hormonas similares y emitir productos parecidos. Por lo tanto, si estos tejidos están cerca uno de otro, compiten de alguna manera por los recursos. Cualquier factor que altere la división de los recursos entre ellos genera una correlación negativa, mientras que los factores que afecten la concentración de nutrientes, hormonas, productos de desecho o condiciones físicas alrededor de ellos inducen una correlación positiva.

Un simple gen puede afectar características que están aparentemente aisladas una de la otra. Este fenómeno de pleiotropía refleja el proceso de acción génica, genes que causan la producción de enzimas que catalizan reacciones químicas particulares en una red metabólica compleja. Un cambio genético que altere la velocidad de una reacción, o incluso que la bloquee completamente tendrá efectos que se extenderán a través de esa red.

Los estadios tempranos del desarrollo pueden afectar estadios posteriores. Por ejemplo, el tamaño de los mamíferos lactantes (afectados por la nutrición) tiene influencia sobre el tamaño que adquirirá de adulto. Aunque todas estas correlaciones son la consecuencia directa del proceso de desarrollo, no están determinadas de manera rígida. La velocidad del flujo de sustancias entre distintas partes, la sensibilidad de diferentes tejidos al mismo estímulo, la

sincronización de los periodos de crecimiento de diferentes órganos y la velocidad de síntesis o degradación de sustancias que promueven o inhiben el crecimiento en diferentes tejidos están todas sujetas a selección y pueden cambiar. Algunos efectos de un gen pueden estar conectados entre sí, mientras que otros son reducidos como resultado de un patrón de selección. De manera similar, bajo condiciones ambientales extremas, el sistema de regulación puede descomponerse y la correlación de las partes se altera drásticamente.

Por lo tanto debemos investigar cuáles son las presiones de selección que están operando en la integración de las partes. Primero, algunas partes funcionan juntas mecánicamente. Así, la correcta oclusión (el ajuste entre los dientes superiores e inferiores) es más importante que el tamaño absoluto de los dientes. El ajuste en la unión de la rótula y los huesos largos, la relación entre la longitud de los huesos que intervienen en la carrera, el posicionamiento de las piezas que permiten mantener el equilibrio, la forma del cráneo con respecto al cerebro y el tegumento de los órganos internos, todos tienen un valor de supervivencia muy evidente.

Segundo, algunas partes que son bastante diferentes funcionan juntas. Una alteración en el tamaño y estructura de las extremidades, asociado con una alteración en la alimentación o el comportamiento de huida, requiere cambios correlacionados en los huesos, músculos, inervaciones y circulación. La regulación mutua entre estas partes permite que esta adaptación ocurra relativamente rápido.

Tercero, diferentes órganos o procesos que tienen una pequeña interacción directa pueden estar unidos ecológicamente por su significado adaptativo en común. Por ejemplo, la mayoría de las termitas son forrajeras nocturnas, tienen baja tolerancia al calor seco y son muy vulnerables y atractivas para los predadores. Cualquier especie que cambie el momento del día de forrajeo va a requerir un aumento en la resistencia a la desecación y protección contra los predadores (tal vez a través de la formación de una casta de

soldados). Entonces, la tolerancia fisiológica, los hábitos diurnos y la capacidad de defensa están ecológicamente correlacionados.

Finalmente, algunas partes del organismo funcionan para mantener otras partes dentro de límites satisfactorios. Así, la temperatura interna constante es el resultado de la coordinación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la circulación, la tasa metabólica, la actividad de las glándulas sudoríparas y la actividad voluntaria.

Varios aspectos de un organismo deben ser puestos juntos como "rasgos" si están unidos tanto por desarrollo como por selección. Pero si la dirección de la selección es alterada, deben perder su cohesión y evolucionar independientemente. Por ejemplo, los productores que mejoran el cultivo de maíz, están actualmente interesados en mejorar el valor nutricional de la cosecha. El valor nutricional para los humanos no es ciertamente una característica natural del *Zea mays*. Pero cuando los productores combinan el rendimiento total, el porcentaje de proteínas, la proporción de lisina en las proteínas, etc. dentro de un valor de selección, el número de propiedades bioquímicas están conectadas como una unidad de evolución, un rasgo adaptativo. Se puede abandonar el programa de mejoramiento y el "rasgo" en sí mismo perdería el significado evolutivo y sus partes podrían dispersarse entre otros componentes de supervivencia.

Lo mismo se aplica a los rasgos comportamentales. Debido a la preocupación actual, tanto social como política, por la violencia y la agresión, algunos estudiosos de la conducta han comenzado a tratar la agresividad como un rasgo. Cuando definen una medida de la agresividad (el número de veces que una rata blanca muerde al asistente del investigador) y seleccionan animales con altos índices de agresividad, han creado el rasgo como una unidad de evolución. El "rasgo" no es una propiedad del propio índice sino de las circunstancias de su desarrollo y selección. Este tipo de experimentos no demuestran realmente la heredabilidad de la agresividad en otras especies, ni siquiera, en la población de ratas.

Hasta aquí hemos enfatizado las razones del desarrollo para la asociación de las partes y las razones ecológicas para la permanencia de dicha asociación. Pero la importancia de los componentes de una agrupación ecológica de estructuras y procesos no está limitada al rol que tienen en dicha agrupación. La circulación en una extremidad está ciertamente relacionada al uso de esa extremidad, pero también está relacionada al balance calórico y a la competencia por la necesidad de sangre (como en la digestión). Además, la separación de las características ecológicas integradas de forma interna y estrecha pueden estar débilmente acopladas unas a otras. Por ejemplo, las partes de la boca de un insecto encargadas de la succión están relacionadas con la estructura física del recurso alimenticio y su patrón de dormición está relacionado a la estacionalidad de su hábitat. Por lo tanto es posible que un patrón cambie sin que el otro sufra modificación.

Nosotros vemos al organismo como un sistema de variables agrupadas en conjuntos superpuestos de componentes del fitness (supervivencia y reproducción) y sujetos a restricciones en relación a su limitación física y a su interdependencia con desarrollo. Un cambio en el ambiente puede dar como resultado la selección de varios de estos grupos. En general, entre las variables importantes de un agrupamiento, el menos restringido tendrá más posibilidades de cambiar. A menudo, estos son los rasgos que aparecen más tarde y más localizados durante el desarrollo.

Tres aspectos de la adaptación se oponen a la ventaja de una integración más estrecha. Primero, si una característica en particular está sujeta a diferentes presiones de selección y si el estado óptimo de una característica bajo dos presiones separadas no es muy diferente, entonces es probable que el resultado sea un término medio, en la cual la parte en cuestión está determinada por ambos aspectos del fitness. Pero a medida que la dirección de la presión de selección diverge este compromiso es menos posible. Finalmente una presión solapa a la otra y la característica evoluciona bajo el

control de un criterio adaptativo. Puede suceder también que una parte puede subdividirse, si la forma óptima del diente para desgarrar es muy diferente a la forma óptima para moler, una forma intermedia es desastrosa para ambas funciones. El control sobre los dientes delanteros y traseros debe estar separado produciendo una estrategia diferente para los incisivos y molares. Otros ejemplos, si la digestión de diferentes alimentos requiere diferentes niveles de acidez, en lugar de tener un pH intermedio que permita solo una lenta digestión, tenemos un líquido alcalino en la boca y uno ácido en el estómago.

Segundo, en los fenómenos relacionados que favorecen el desacoplamiento, esto es el aumento del número de variables interactuantes y de su intensidad, se vuelve difícil para la selección incrementar el fitness. Las especies con acoplamientos muy estrechos son incapaces de adaptarse rápidamente, a diferencia de aquellas que poseen diferentes componentes del fitness más autónomos. Finalmente, cuanto más fuertemente acoplado e interdependiente sea el sistema, más profunda es la ruptura cuando algún factor de estrés sobrecarga la capacidad regulatoria. Por lo tanto, lo que tuvo lugar en la evolución, es el sucesivo acoplamiento y desacoplamiento de las partes, como ventaja de la coordinación del funcionamiento y la mutua regulación, opuesta a la desventaja de una excesiva restricción y vulnerabilidad. No hay reglas generales de lo que es mejor. Entre los organismos más abundantes están los mamíferos que poseen una estrecha integración y las plantas que poseen las partes autónomas más grandes.

Teorías macroscópicas y microscópicas

Haciendo una analogía con la física, hay realmente dos teorías de la evolución, una microscópica y otra macroscópica. La mecánica cuántica no es muy relevante para las leyes del movimiento de la caída de los cuerpos, excepto que exista coherencia entre los objetos

físicos macroscópicos y la interacción con el medio físico en los que se mueven, con sus propiedades microscópicas. De la misma manera, el cambio particular que ocurre cuando se incorpora una nueva mutación en una especie, puede incrementar o reducir la probabilidad de supervivencia de la especie, dependiendo de la única interacción biológica involucrada. Sin embargo, la explicación de patrones generales de diversidad en el espacio y el tiempo deben ser formulados en términos de un fenómeno a un nivel diferente. Cada instancia de especiación o extinción es una consecuencia de eventos microscópicos que dependen en el fondo de la composición genética de la especie, las que serán moldeadas por procesos microevolutivos. Las dos teorías nunca podrán hacer un contacto efectivo hasta que el concepto de fitness relativo del genotipo dentro de una población no esté conectado al fitness de la población y de las especies en la comunidad ecológica. Esta conexión no puede hacerse hasta que no se rompa la dicotomía entre organismo y ambiente. El divorcio entre el fitness relativo del genotipo y el fitness de la población surge de la ficción de que las nuevas variedades son seleccionadas en un ambiente fijo, de modo que la única cuestión a resolver es si dado un ambiente van a producir más o menos crías. Pero en realidad una nueva variedad significa un nuevo ambiente, un nuevo conjunto de relaciones entre los organismos y con la naturaleza inorgánica. Por otro lado, cada cambio por mutación no puede resultar en una relación totalmente nueva entre organismos y ambiente, ya que de ser así nunca podrían tener lugar cambios evolutivos acumulativos.

Una y otra vez los vertebrados terrestres se han adaptado a la vida acuática desarrollando apéndices en forma de aletas a partir de órganos terrestres. Esto ha ocurrido independientemente en ballenas, focas, pingüinos e incluso en serpientes marinas, las cuales están lateralmente aplanadas. Si cada pequeño cambio en la morfología lleva a un cambio radical en los predadores o los recursos alimenticios, la evolución de tales formas adaptadas para

la natación nunca podría haber ocurrido. Debemos asumir que la relación entre fenotipo y fitness tiene al menos dos propiedades generales. Primero, debe haber *continuidad*, de manera que pequeños cambios en la morfología, fisiología y comportamiento generalmente tenga solo pequeños efectos en las relaciones ecológicas del organismo. La deformación continua del fenotipo debe reflejarse en una frecuente deformación continua de la relación ecológica. Segundo, los caracteres deben ser cuasi-independientes. Esto significa que debe existir un gran número de correlaciones fenotípicas posibles, entre un cambio dado en un carácter y otros aspectos del fenotipo. Si las correlaciones son irrompibles, o casi irrompibles, ningún aspecto simple del fenotipo, como las aletas, pudo haberse desarrollado sin alterar totalmente el resto del organismo de una manera generalmente no adaptativa. Al mismo tiempo, a pesar del principio de continuidad, hay puntos en los cuales los cambios cuantitativos se convierten en cualitativos, y el principio de cuasi-independencia no significa que cualquier tipo de reestructuración es posible. Estos dos principios son el comienzo de una teoría de la evolución de los organismos. La teoría debe ser aún desarrollada, en este momento sólo tenemos una cinemática de la evolución de genotipos abstractos.

Capítulo II

Adaptación

Toda teoría poderosa del mundo, que abarque ampliamente un fenómeno, lleva inmanente su propia caricatura. Para dar una explicación satisfactoria de un amplio rango de eventos del mundo, en una gran variedad de circunstancias, es necesario que una teoría contenga algunos elementos poderosos y lo suficientemente flexibles para ser aplicados en tan diversas situaciones. Pero el poder lógico de ese sistema es también su mayor debilidad, una teoría que puede explicar todo, en realidad no puede explicar nada. Deja de ser una teoría del mundo contingente y se convierte en una metafísica vacía que genera no solo todos los mundos posibles, sino todos los imaginables. La estrecha línea que separa una teoría genuinamente fructífera y poderosa de su caricatura estéril es cruzada una y otra vez por vulgarizadores que se apoderan de los poderosos elementos explicativos de gran alcance y que por su uso indiscriminado, destruyen su utilidad. Sin embargo, al hacer esto revelan las debilidades que subyacen en las teorías, y esto puede llevar a su reformulación.

Indudablemente, estos elementos caricaturescos, inherentes a la teoría, están presentes en tres estructuras teóricas que han tenido enormes efectos en el pensamiento burgués durante el siglo veinte: el marxismo, el freudismo y el darwinismo. El materialismo

histórico marxista ha sido caricaturizado por los economistas vulgares que intentaron explicar los detalles más pequeños de la historia de la humanidad como una consecuencia directa de las fuerzas económicas. Las ideas freudianas de sublimación, transferencia, inversión y represión han sido interpretadas para explicar cada forma de comportamiento manifiesto, como una evidencia directa o transformada de una causa psicológica arbitraria. Y en el darwinismo, el elemento que está en el centro de la visión del mundo evolutivo y que es aún tan poderoso que puede destruir al darwinismo como una teoría comprobable, es la adaptación.

El concepto de adaptación, no solo es característico de las explicaciones relacionadas con la evolución de las formas de vida, también aparece en la teoría cultural, por ejemplo, en la funcionalista. De acuerdo a este concepto existen ciertos "problemas" que deben ser "resueltos" por los organismos y las sociedades. En consecuencia, las formas biológicas y las sociedades actuales del mundo son vistas como las "soluciones" para esos "problemas". Describir adaptaciones en estos términos modernos no debe enmascarar el hecho de que el concepto ha sido heredado de una visión del mundo más antigua, una que era característica de la aristocracia y un mundo fijo anterior al de la revolución burguesa europea. En esta visión, el universo entero, incluyendo los organismos vivos y particularmente la especie humana y su organización social, estaban perfectamente ajustados para servir a un propósito más elevado. "El cielo anuncia la gloria de Dios y el firmamento muestra su obra", son las palabras de un Salmista. El universo era la obra de un creador divino y sus partes fueron hechas por él para ensamblarse de una manera armoniosa, cada parte contribuyendo a una función mayor. Para algunos, el objeto principal de la creación era el hombre, cuya naturaleza fue cuidadosamente forjada para permitir que se desarrolle una raza de ángeles nueva y más digna. El resto de los organismos fueron diseñados para servir a la humanidad. Las vacas fueron idealmente diseñadas para abastecer de leche y los

árboles para dar sombra y refugio. La consecuencia política más importante de esta visión fue la legitimación de la organización social. Señores y siervos, amos y esclavos representan una división del poder y del trabajo que fue necesaria para el funcionamiento correcto de la sociedad y el desarrollo del plan divino.

La creencia en que los organismos estaban maravillosamente adaptados a su ambiente y que cada parte del organismo estaba exquisitamente ajustada para servir a una función especial dentro del cuerpo, así como las partes del cuerpo político estaban perfectamente adaptadas para servir a las necesidades de la "sociedad", invadió el pensamiento biológico y antropológico moderno. Todo lo que cambió fue la explicación. Habiendo rechazado a un diseñador supremo como responsable de la perfección del mundo, Darwin necesitó mostrar que la evolución por selección natural podía llevar al mismo final.

"Al estudiar el origen de las especies es completamente lógico que un naturalista (...) pueda llegar a la conclusión de que las especies (...) han descendido, como las variedades de otras especies. Sin embargo, esta conclusión, aunque estuviese bien fundada, no sería satisfactoria hasta tanto que pudiese demostrarse cómo las innumerables especies que habitan el mundo se han modificado hasta adquirir esta perfección de estructuras y esta adaptación mutua que causa, con justicia, nuestra admiración."[1]

En cambio, en su capítulo "Dificultades de la teoría", Darwin se dio cuenta que "los órganos que poseen una extrema perfección y complejidad" eran un caso de prueba crítica para su teoría:

"Parece totalmente absurdo, lo confieso espontáneamente, suponer que el ojo, con todas sus inimitables disposiciones para acomodar el foco a diferentes distancias, para admitir cantidad variable de luz y para

[1]Darwin, *El origen...*, op. cit., p. 11.

la corrección de las aberraciones esféricas y cromática, pudo haberse formado por selección natural."[2]

Pero tales "órganos de perfección" solo son el resultado extremo y obvio del proceso de selección natural, que se encuentra en el centro de la teoría evolutiva darwiniana. Para Darwin, las especies se originaron a través de un proceso continuo de adaptación que, al mismo tiempo que produce nuevas especies, produce organismos cuyas partes están mutuamente en armonía, de manera que el organismo en su totalidad esté en armonía con el ambiente.

Estar adaptado y adaptarse

El concepto de adaptación implica que hay una forma, problema o ideal preexistente, al cual el organismo se ajusta a través de un proceso dinámico. El proceso es la adaptación y el resultado final es un estado que implica estar adaptado. De esta manera, a partir del recortado y moldeado, una llave puede adaptarse para encajar en una cerradura, o una pieza que fue diseñada para una máquina en especial puede ser utilizada en una máquina diferente utilizando un adaptador que altera su forma. No podría haber adaptación sin un modelo ideal a partir del cual dicha adaptación ocurre. Así en la biología moderna, la noción misma de adaptación lleva inevitablemente a la visión teológica de un mundo físico preformado al cual los organismos se acomodaron. Cuando el mundo era explicado como el producto de la voluntad divina, no había dificultad con este concepto, ya que de acuerdo al mito de la creación el mundo físico fue producido primero y luego fueron creados los organismos que se ajustaban al mismo. El Artífice Divino creó tanto el mundo físico como los organismos que lo habitan, por lo tanto el problema a ser resuelto y la solución eran productos del mismo esquema.

---

[2] Ibid., p. 222.

Dios planteó el problema y dio la respuesta. Él hizo los océanos y les dio aletas a los peces para nadar en ellos, hizo el aire y puso alas en las aves para poder volar. Habiendo creado las cerraduras, *il Alto Fattore* hizo las llaves que encajaban en ellas.

Sin embargo, con el advenimiento de las explicaciones evolutivas surgieron serios problemas para el concepto de adaptación. Indudablemente el universo físico antecede a los seres vivos, pero ¿cuál es el esquema físico al cual los organismos están adaptados o se adaptan? ¿Son en realidad "problemas" preexistentes para los cuales la evolución de los organismos provee "soluciones"? Esto lleva al concepto de nicho ecológico. El nicho es una descripción multidimensional de todas las relaciones que presenta un organismo con su entorno. Responde a qué clase de alimento consume y en qué cantidad, cuál es el patrón de movimiento espacial, dónde se reproduce y en qué momentos del día y en qué estaciones está activo. Sostener que un organismo está adaptado al ambiente es sostener que estos nichos ecológicos existen en ausencia del organismo y que la evolución consiste en llenar estos nichos vacíos y preexistentes.

Pero el mundo externo puede dividirse en una incontable infinidad de formas, por lo tanto, hay una incontable infinidad de nichos ecológicos posibles. A menos que haya una forma preferida o correcta de fraccionar al mundo, la idea de nicho ecológico sin un organismo que lo llene pierde todo su sentido. La alternativa es que los nichos ecológicos sean definidos solo por los organismos que viven en ellos, pero esto produce serias dificultades para el concepto de adaptación. La adaptación no puede ser un proceso de ajuste gradual de un organismo al ambiente, si la configuración específica del ambiente, el nicho ecológico, no existe realmente. Si los organismos definen sus propios nichos, luego todas las especies ya están adaptadas y la evolución no puede verse como el proceso de *adaptarse*.

En realidad, si dejamos de lado los nichos ecológicos, aparecen dificultades para ver la evolución como un proceso de adaptación. Todas las especies existentes, durante gran parte de sus historias evolutivas, no aumentaron ni disminuyeron en cantidad ni en extensión. Si una especie aumenta en promedio, incluso una pequeña fracción de un porcentaje por generación, no tardaría en llenar el mundo y desplazar a todos los otros organismos. Por el contrario, si una especie disminuye su promedio, pronto se extinguirá. Por lo tanto, para períodos largos de su vida evolutiva, una especie está adaptada considerando que sobrevive y se reemplaza a sí misma. Al mismo tiempo, las especies están evolucionando, cambiando su morfología, fisiología y comportamiento. El problema es cómo una especie puede estar, todo el tiempo, adaptada y adaptándose.

Una solución para esta paradoja ha sido que el ambiente está constantemente decayendo con respecto a los organismos existentes, de manera que los organismos deben evolucionar para mantener su estado de adaptación. Entonces, la adaptación evolutiva es un proceso infinitesimal, en el cual el organismo sigue los rastros de un ambiente que siempre cambia, siempre quedando ligeramente detrás, siempre adaptándose al ambiente más reciente, pero siempre a merced de promover un cambio histórico. Tanto el aumento ocasional en la abundancia y el rango de especies como la inevitable extinción, pueden ser explicados de esa manera. Si el ambiente puede cambiar de manera que, por casualidad, haga que la fisiología y el comportamiento de una especie le confiera a esta un éxito reproductivo, la especie va a proliferar rápidamente. Esta es la situación de las especies que han colonizado un continente nuevo, como por ejemplo, los conejos en Australia, encontrando por pura casualidad condiciones ambientales (incluyendo la ausencia de competidores) para las cuales está mejor adaptada que lo que estaba en su hábitat nativo. Por supuesto, finalmente tales especies agotan algunos recursos que existían en gran exceso a sus necesidades, y también, por su propia actividad alteran el ambiente. En consecuencia no es

capaz de incrementar la cantidad de individuos que la componen. La opción de que el ambiente permanezca inalterado y que las especies por azar adquieran una característica que les permita utilizar un recurso no explotado, es mucho menos probable. Sin embargo, tales mutaciones favorables o "monstruos prometedores" pueden haber ocurrido, por ejemplo, en la evolución de los hongos cultivados por las hormigas.

La visión simple de que el ambiente externo cambia por alguna dinámica propia y que es seguido por los organismos, no tiene en cuenta los efectos que el organismo tiene sobre el ambiente. La actividad de todas las formas vivas transforma el mundo externo y pueden tanto promover como inhibir la vida de los organismos. La construcción de nidos, las huellas y marcas territoriales, la creación de hábitats enteros (como la construcción de las represas por parte de los castores), todo contribuye a incrementar las posibilidades de vivir de sus creadores. Por otro lado, la característica universal de los organismos es que el incremento en su cantidad está autolimitada, porque agotan los recursos y el espacio. En este sentido, el ambiente es un producto del organismo, tanto como el organismo es un producto del ambiente. El organismo adapta al ambiente en los periodos cortos de sus propias necesidades como, por ejemplo, la construcción del nido, pero en periodos largos el organismo debe adaptarse al ambiente cambiante, en parte a través de su propia actividad y de formas distintivas según la especie.

En la evolución humana la usual relación entre los organismos y el ambiente se ha transformado prácticamente en adaptación. La invención de la cultura ha reemplazado el cambio genético como la fuente efectiva de variación. La conciencia permite a las personas analizar y hacer alteraciones deliberadas; de esta forma la adaptación del ambiente a los organismos se convierte en el modo dominante. Comenzando con la relación habitual, en la cual eran dominantes las lentas adaptaciones genéticas al ambiente cambiante, la línea evolutiva que lidera el *Homo sapiens* pasa a una etapa donde

la actividad consciente hace de las adaptaciones del ambiente a las necesidades del organismo la parte decisiva de la evolución biológica de la especie. Como observó Engels en *El papel del trabajo en la transición del mono al hombre*, la mano humana es tanto un producto del trabajo humano como un instrumento de ese trabajo.[3] Finalmente la especie humana pasó a una etapa donde la adaptación del ambiente a los organismos se volvió completamente dominante, distinguiendo al *Homo sapiens* de toda otra forma de vida. Es este fenómeno, más que un cambio afortunado del mundo externo, el responsable de la rápida expansión de la especie humana en el tiempo histórico.

La extinción puede ser vista como el fracaso de la adaptación, en la cual los cambios genéticos o plásticos de especies adaptadas no les permiten mantenerse frente a un cambio en el ambiente. La respuesta de las especies a las alteraciones del ambiente está limitada por la plasticidad morfológica, fisiológica y comportamental, dada por su biología actual y los cambios genéticos que pueden ocurrir por mutación y selección natural. Por lo tanto, el fenotipo y la plasticidad genética son limitados en forma, pero de manera más importante, están limitados en velocidad de respuesta. Entonces el ambiente seguramente se va alterar en una forma y a una velocidad que dejará atrás la respuesta adaptativa. Más del 99,9 % de todas las especies, que alguna vez existieron, se extinguieron, y todas se van a extinguir finalmente.

La teoría de la adaptación ambiental continua por parte de las especies no resuelve el problema de la evolución. No puede explicar, por ejemplo, la inmensa diversificación que ha ocurrido. Si la evolución es solo la modificación sucesiva de las especies para ir detrás de un ambiente que cambia constantemente, entonces es difícil ver como se pobló la tierra desde el agua y luego el aire a

---

[3]Engels, F.: *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*, en Marxists Internet Archive, noviembre de 2000.

partir de la tierra. O por qué eran abundantes los homeotermos (organismos de sangre caliente) si evolucionaron al mismo tiempo que los poiquilotermos (organismos de sangre fría). Esta diversificación evolutiva no puede ser descripta en forma consistente como un proceso de adaptación, a menos que podamos definir formas preferidas para dividir el nicho multidimensional hacia las cuales las especies fueron evolucionando y, por lo tanto, adaptándose. Es decir, el concepto de adaptación es informativo solo si tiene un poder predictivo. Si así fuera, debería ser posible construir a priori nichos ecológicos, antes de conocer qué organismos los ocuparán, y luego poder describir la evolución de esos organismos en relación a esos nichos como una adaptación.

La exploración de otros planetas puede proveer la posibilidad de hacer esas predicciones, sin embargo, también demuestra la dificultad epistemológica que esto implica. Si realmente hay nichos preexistentes a los cuales los organismos se adaptan, entonces es posible predecir el tipo de organismos (si existe alguno) que vamos a descubrir en Marte o en Venus, examinando los ambientes físicos de estos planetas. En la construcción de los dispositivos para detectar vida en esos planetas, se realizan ciertas predicciones, ya que la detección depende del crecimiento de organismos hipotéticos en soluciones nutritivas definidas. Sin embargo, estas soluciones están basadas en la fisiología de los microorganismos *terrestres.* Por lo tanto, los dispositivos van a detectar solo aquellas formas de vida extraterrestre que concuerden con los nichos ecológicos definidos en la tierra. Si la vida en otros planetas dividió el ambiente en formas radicalmente diferentes a las de la tierra, estas formas de vida permanecerán sin registro. No hay forma de utilizar la adaptación como el principio central de la evolución sin recurrir a un estado predeterminado de la naturaleza para la cual esta ocurre, no parece haber forma de elegir estos estados de la naturaleza, excepto haciendo referencia a organismos que ya existen.

Adaptaciones específicas

Los evolucionistas, habiendo aceptado que la evolución es un proceso de adaptación, consideran cada aspecto de la morfología, fisiología y comportamiento de un organismo como una adaptación específica. De esta manera fomentan la idea de un estado de adaptación total del organismo completo. Por lo tanto, la aleta es una adaptación para nadar, las alas para volar y las piernas para caminar. La noción de adaptación como el estado de un organismo que requiere un nicho ecológico predeterminado, y aún más claramente, la asignación de un significado adaptativo a un órgano o a un patrón de comportamiento, presupone que el problema existe y que esa característica es la solución. Aletas, alas y piernas son las soluciones de los organismos al problema de la locomoción en tres medios diferentes. Tal punto de vista equivale a la construcción de una descripción de un ambiente externo y de un organismo de manera tal que pueden ser delineados mutuamente a través de enunciados en relación a la función.

En la práctica, la construcción puede comenzar tanto por el ambiente como por el organismo y el resultado funcional luego ser usado para construir la correspondiente estructura en el otro dominio. Es decir, los problemas pueden ser enumerados y luego el organismo particionado en soluciones, o una característica particular de un organismo puede ser asumida como la solución y el problema reconstruido a partir de éste. Por ejemplo, un correcto reconocimiento mutuo entre machos y hembras de la misma especie es considerado un problema, ya que el fracaso en la identificación del sexo opuesto puede resultar en la pérdida de gametas y de energía, si se intenta infructuosamente producir una camada viable a partir de un apareamiento entre especies. Una variedad de características de los organismos, como las marcas de coloración, patrones temporales de actividad, vocalización (como el llamado de apareamiento de las ranas), rituales de cortejo y olores pueden ser

explicadas como adaptaciones específicas para resolver este problema universal. Por el contrario, las grandes placas óseas erectas, a lo largo de la línea media dorsal de los dinosaurios *Stegosaurus,* constituye una característica que demanda una explicación adaptativa. Han sido propuestas como soluciones al problema de la defensa, ya sea porque interfieren con el ataque de un predador o porque el perfil del organismo parece más grande. También, como solución al problema del reconocimiento en el cortejo y como solución al problema de la regulación de la temperatura actuando como placas de refrigeración.

Oculto en el análisis de la adaptación hay un número de suposiciones que se remontan a una visión teísta de la naturaleza y a un cartesianismo ingenuo. Primero, se asume que la partición de un organismo en características y la partición del ambiente en problemas tienen una base real y no es la simple cosificación de categorías humanas intuitivas. ¿En qué sentido natural es una aleta, una pierna o un ala una característica individual cuya evolución puede ser entendida en términos del problema particular que resuelve? Si la pierna es una característica, ¿cada parte de la pierna también lo es? ¿A qué nivel de subdivisión se encuentran los límites para los cuales ya no corresponde una división natural? Tal vez la topología como totalidad es incorrecta. Por ejemplo, las divisiones físicas ordinarias del cerebro corresponden de una manera aproximada a alguna función del sistema nervioso central, pero la memoria de los eventos aparece almacenada difusamente y una memoria en particular no se encuentra en una región microscópica particular.

A medida que avanzamos de las características anatómicas a la descripción del comportamiento, el peligro de la cosificación se vuelve mayor. El comportamiento animal es descripto por categorías como, por ejemplo, la agresión, el altruismo, la investidura parental, la guerra, la toma de esclavos y la cooperación. Cada uno de estos "órganos de comportamiento" es provisto de una explicación

adaptativa, encontrando el problema para el cual son la solución.[4] Alternativamente, los problemas a ser resueltos en la adaptación también pueden ser cosificaciones arbitrarias. Por ejemplo, por extensión del comportamiento humano en algunas sociedades, se dice que otros animales tienen que hacer frente a "conflictos entre padres e hijos", generados porque como los padres y los hijos no son genéticamente idénticos, ambos están motivados por la selección natural a propagar sus genes.[5] Una variedad amplia de comportamientos manifiestos, como el patrón parental de alimentación de la cría, son explicados de esa manera. En consecuencia, el llamado de los pichones o de los bebés es un mecanismo para obligar a los padres egoístas a que alimenten a su cría que de otra manera quedarían desatendidos.

Un segundo supuesto oculto es que las características pueden ser aisladas en un análisis adaptativo, cualquier interacción entre características es considerada secundaria y representa restricciones en la adaptación de cada una tomada por separado. De manera similar cada problema del ambiente que debe ser resuelto es aislado y su solución se considera independiente de otras interacciones con el ambiente, que en su mayoría son restricciones en la solución. Obviamente, un argumento *ceteris paribus* es necesario para una reconstrucción adaptativa. De otra manera todas las características deberían ser consideradas en la solución de todos los problemas y viceversa, conduciendo a un tipo de análisis de sistema complejos del organismo completo en la totalidad del ambiente. La tendencia de los argumentos de la evolución adaptativa está enfocada hacia un análisis cartesiano de las partes separadas, cada una con su función separada.

---

[4] Wilson E.: *Sociobiología: la nueva síntesis*, Omega, Barcelona, 1980.
[5] Trivers, R.: "Parent-offspring conflict", in *American Zoologist*, nº 14, p. 249-264.

El tercer supuesto oculto es que todos los aspectos de un organismo son adaptativos. El programa metodológico de la explicación adaptativa demanda un compromiso a priori para tales explicaciones, para todas las características que pueden ser descriptas. Este compromiso define el problema de la ciencia como el *descubrimiento* de la adaptación, sin preguntarse en absoluto si esta existe. La problemática es la herencia de una concepción del mundo que ha sido designado por un creador racional de manera que todos los aspectos tienen una función y pueden ser racionalizados. El problema de la explicación es revelar el trabajo de ese sistema racional.

La debilidad de la teoría evolutiva se manifiesta al asumir que todas las características, descriptas arbitrariamente, son adaptativas. Si se permite que este supuesto permanezca, las explicaciones adaptativas se convierten simplemente en una prueba de la ingenuidad de los teóricos y de la tolerancia de los intelectuales para historias absurdas y retorcidas. Una vez más, es en las características comportamentales donde la racionalización se extiende más allá de cualquier límite. Por ejemplo, las explicaciones del supuesto suicidio en masa de los lemmings por ahogamiento como una forma de regulación de la población, como un dispositivo para la especie en su conjunto. Por otro lado, se renuncia al supuesto en el caso de las características que son difíciles de racionalizar, declarándolas no adaptativas, permitiendo a los evolucionistas explicar solo aquellas que, de manera evidente, encajan a su forma de explicación, relegando a las demás a la categoría de "no darwinianas".[6] En la actualidad, algunos evolucionistas consideran que una gran parte de la variación en la estructura de las proteínas entre distintas especies es azarosa, irracional y no darwiniana, pero esto es impugnado de

[6]King, J. and Jukes, T.: "Non-Darwinian evolution: random fixation of selectively neutral mechanism", in *Science*, n° 164, 1969, p. 788-798.

manera porfiada por los darwinistas convencionales que aceptan el programa metodológico adaptacionista sin reservas.[7]

Dados los supuestos del programa adaptacionista, hay muchas dificultades y ambigüedades para determinar cuál es la adaptación de un determinado órgano. Cada característica está involucrada en una variedad de funciones, pero no se puede afirmar que está adaptada a todas ellas. Por ejemplo, la aleta de la ballena puede destruir una pequeña embarcación cazadora de ballenas, pero nadie argumentaría que dicho órgano es una adaptación para destruir a los predadores de la superficie antes que para nadar. Ni el uso "natural" y habitual de un órgano implica que sea una adaptación para ese propósito. La tortuga verde, *Chelonia mylas*, utiliza sus aletas delanteras para propulsarse sobre la arena seca hacia el sitio donde depositará sus huevos, por encima de la marea alta, luego cava un pozo profundo para los huevos de manera lenta y torpe, utilizando sus aletas traseras como si fueran paletas. Pero las tortugas utilizan estas aletas nadadoras de esa manera por carecer de algo mejor, las aletas no pueden ser consideradas como adaptaciones tanto para la locomoción como para cavar pozos. Si la capacidad de un órgano no es condición suficiente para ser una adaptación, tampoco es la necesidad de un órgano una condición necesaria. Todo animal terrestre que sea más grande que un insecto debe tener pulmones, porque la difusión pasiva de los gases a través de la piel o del sistema de tráqueas no es suficiente para la respiración en grandes volúmenes. Los pulmones pueden ser plenamente considerados como una adaptación para respirar, porque sin ellos los animales se asfixiarían. Pero la mayoría de las adaptaciones no son tan esenciales. Las bandas de las cebras pueden ser una adaptación de protección para camuflarse entre las hierbas altas, pero no es para nada seguro que

---

[7]Kimura, M. and Ohta, T.: *Theoretical aspect of population genetic*, Princeton University Press, Princeton, 1971; Ford, E.: *Ecological genetics*, Chapman and Hall, London, 1975.

una especie de cebras sin rayas se extinguiría o sería menos numerosas producto de una mayor predación.

El problema de juzgar la importancia adaptativa de una característica a partir de su uso se vuelve más dificultoso cuando se debe reconstruir dicho uso. Las placas óseas del *Stegosaurus* pueden haber sido un mecanismo para regular la temperatura, protegerse de los predadores o reconocer a miembros de la misma especie simultáneamente. Aunque esta duda no está restringida a las formas extintas, como en el *Stegosaurus*. Algunos lagartos actuales tienen membranas erectas a lo largo de la línea dorsal de su cuerpo y pueden tener branquias inflables de colores brillantes. Estas deben servir tanto para mostrar agresividad, como de señal de reconocimiento sexual, al mismo tiempo que la espina dorsal puede funcionar como regulador de temperatura. En principio, pueden hacerse experimentos en lagartos vivos para determinar los efectos de remover o alterar alguna de esas características, pero en la práctica la interpretación de esas alteraciones es peligrosa, ya que no está claro si la alteración introduce una variable extraña. Incluso, si se pudiese mostrar que un órgano tiene funciones diversas, la cuestión de su adaptación no está resuelta por la causalidad histórica implícita en la teoría de la adaptación. Considerar a las branquias inflables como una adaptación para el reconocimiento entre los individuos de la misma especie supone que la selección natural ha operado permitiendo apareamientos exitosos y más frecuentes entre los individuos que las poseen. Pero si cuando la branquia alcanza cierto tamaño, accidentalmente es útil para atemorizar a los predadores, esta sería una preadaptación para este último propósito. La distinción entre aquellos usos para los cuales un órgano o característica es una adaptación, de aquellos para los cuales es una preadaptación puede ser realizada solo en contextos históricos considerando las verdaderas fuerzas de selección. *Incluso* para organismos existentes, esto es imposible.

En ausencia de datos históricos reales sobre la selección natural, el argumento de que una característica es una adaptación se basa en el análisis del organismo como una máquina que resuelve los problemas que se le plantean. Utilizando principios de ingeniería, los investigadores realizan un análisis del diseño y los comparan con las características del organismo en cuestión. En consecuencia, el postulado de que las placas dorsales del *Stegosaurus* son adaptaciones para intercambiar calor se basa en la naturaleza porosa del hueso, sugiriendo que circula un gran cantidad de sangre; en el gran tamaño de las placas sobre la parte más voluminosa del cuerpo donde la producción de calor es mayor; en la disposición alternativamente impar de las placas hacia un lado y otro de la línea media, sugiriendo una colocación adecuada de las aletas refrigerantes y de la constricción de las placas en la base, cerca de la fuente de calor, donde serían radiadores ineficientes. A veces se realiza un análisis de ingeniería más cuantitativo, proponiendo que un órgano o característica es realmente óptimo para el propósito postulado. Así, Leigh, utilizando los principios de la hidrodinámica, mostró que la forma de una esponja es la forma óptima para esta criatura, sobre la suposición de que el problema para la esponja es procesar la cantidad máxima de comida contenida en el agua por unidad de tiempo.[8]

Sin embargo, el ajuste no es siempre perfecto. Orians calculó la distribución óptima del tamaño del alimento para un pájaro que debe buscar una presa, capturarla y volver al nido (centro de forrajeo).[9] La comparación de la presa capturada con la distribución del tamaño de las presas disponibles, mostró en realidad que los pájaros no toman su alimento al azar, sino que dicha actividad está organizada por una amplia cantidad de factores. Sin embargo,

[8]Leigh, E.: *Adaptation and diversity*, Freeman, San Francisco, 1971.
[9]Orians G.: "The strategy of central-place foraging", in *Analysis of Ecological System*, Ohio State University Press, Columbus, 1976.

no están acordes con el óptimo calculado. La explicación ofrecida para el fracaso de un ajuste mayor apela a las demandas competitivas que tienen las aves, al tener que visitar el nido continuamente para disuadir a los predadores. El pájaro pasa menos tiempo buscando la presa óptima de lo que lo haría si el comportamiento fuera puramente una adaptación a la eficiencia alimentaria. Este es el paradigma de la reconstrucción de una adaptación o reconstrucción adaptativa. El problema es originalmente planteado como la recolección eficiente de alimentos. La desviación del comportamiento, por aleatoriedad, en la dirección predicha es considerada un fuerte soporte para la explicación adaptativa y la discrepancia del óptimo predicho es considerado como una formulación ad hoc de un problema secundario que restringe la solución de la primera. No hay reglas metodológicas que instruyan a los teóricos, indicando hasta qué punto la observación debe desviarse de la predicción antes de ser abandonada por completo. Permitir a los teóricos postular varias combinaciones de problemas para los cuales las características manifiestas son una solución, da como resultado que el programa adaptacionista haga de la adaptación un postulado metafísico. Postulado que no puede ser refutado y que, además, es necesariamente confirmado en cada observación. Esta es la caricatura que estaba inmanente en la percepción de Darwin según la cual la evolución es el producto de la selección natural.

Selección natural y adaptación

El mecanismo suficiente para que ocurra evolución por selección natural está expresado en estas tres proposiciones:

1. Existe variación en las características morfológicas, fisiológicas y comportamentales entre los miembros de una especie (el principio de variación);

2. La variación es en parte heredable, entonces los individuos se parecen más con aquellos que están emparentados que con los demás, los hijos se parecen a sus padres (el principio de herencia);

3. Las diferentes variantes dejan cantidades diferentes de descendencia tanto en generaciones inmediatas como remotas (principio de fitness diferencial).

Es importante destacar que las tres condiciones son tanto necesarias como suficientes para que ocurra la evolución por selección natural. Si las variantes no difieren en sus éxitos reproductivos, no hay selección natural. La existencia de *variación heredable* es crucial, ya que si existe la variación pero no se transmite de padres a hijos, entonces la reproducción diferencial de las diferentes formas es irrelevante, ya que todas van a producir la misma distribución de tipos en la siguiente generación. Es esperable que cualquier rasgo en el que se apliquen todos los principios, evolucione. Esto significa que la frecuencia de las diferentes variantes en la especie va a cambiar, a pesar que no siempre una de las formas de ese rasgo desplace al otro. Puede haber un equilibrio estable intermedio en el cual dos o más formas coexisten con una frecuencia estacionaria característica.

Estos principios necesarios y suficientes para la evolución por selección natural no contienen ninguna referencia a la adaptación. Darwin agregó el postulado de la adaptación para explicar las causas mecánicas del fenómeno de reproducción diferencial y la supervivencia. La "lucha por la existencia", según Darwin, era el resultado de la tendencia de las especies a reproducirse más de lo que los recursos disponibles les permiten, una idea que extrajo a partir de la lectura del libro de Malthus *Ensayo sobre el principio de la población.* La lucha puede ser ganada por aquellos individuos cuya morfología, fisiología y comportamiento le permiten apropiarse de la mayor parte de los recursos escasos, o de aquellos que pueden sobrevivir y reproducirse en bajos niveles de recursos, o de aquellos que pueden utilizar un recurso que no está disponible para sus

competidores. En los últimos dos casos la lucha por la existencia estaba liberada de la idea de la lucha real entre individuos.

"Debo señalar ante todo que uso esta expresión en un sentido amplio y metafórico (...) Dos cánidos, en tiempo de hambre, puede decirse que luchan entre sí por cuál conseguirá comer y vivir; pero de una planta en el límite de un desierto se dice que lucha por la vida contra la sequedad, aunque más propio sería decir que depende de la humedad."[10]

Dada esta lucha en su "sentido amplio y metafórico", un análisis estructural debería ser capaz de predecir cuál de dos individuos va a sobrevivir y va a poder reproducirse mejor. A partir del estudio de los huesos y los músculos de las patas de dos cebras y aplicando principios mecánicos simples, deberíamos ser capaces de decir cuál de las dos puede correr más rápido y por lo tanto escapar mejor de sus predadores. Además, es en principio posible predecir la dirección de la evolución de los músculos y los huesos de las patas por un análisis diferencial, ya que pueden percibirse dos formas ligeramente diferentes.

Además, la lucha por la existencia modifica la idea de adaptación, no como un criterio absoluto sino relativo. Siempre que se considere a los organismos solo en relación a su nicho ecológico, se puede establecer que están adaptados y por lo tanto van a persistir, o que no están adaptados y en consecuencia van camino a la extinción. Pero si se consideran las relaciones intraespecíficas, por ejemplo competir por el mismo conjunto de recursos o luchar para reproducirse en el mismo ambiente desfavorable (las plantas en el borde del desierto), sus adaptaciones relativas se vuelven centrales. Dos formas diferentes de una especie pueden estar absolutamente adaptadas, en el sentido de que pueden persistir cada una con su forma definida, pero cuando se colocan juntas la mejor adaptada

---

[10] Darwin, *El origen...*, op. cit., p. 82.

puede provocar la extinción de la otra. Por esta misma consideración, la adaptación relativa de dos especies distintas no puede ser comparada, ya que las especies nunca compitieron entre ellas de manera excluyente como puede ocurrir entre los organismos de la misma especie. Si dos especies superponen demasiado sus nichos ecológicos, de manera que su abundancia esté críticamente determinada por los mismos recursos limitantes, una especie puede extinguirse en esa competencia. Por supuesto, ocasionalmente una especie introducida extingue a otras especies, como en el caso de la mosca de la fruta del mediterráneo, que se extinguió en el este de Australia por la expansión repentina hacia el sur de la mosca de la fruta de Queensland, un pariente muy cercano que deja sus huevos en el mismo cultivo frutal. A primera vista el enfoque metodológico del fitness diferencial parece remover la aparente tautología de la teoría de la selección natural. Sin este análisis de diseño la teoría darwiniana implicaría simplemente que los individuos más aptos dejan mayor descendencia en las futuras generaciones y se determinaría el fitness relativo a partir del número de descendencia dejada por diferentes individuos. Desde que, en un mundo finito de acontecimientos contingentes, algunos individuos pueden, incluso por casualidad, dejar más descendencia que otros, habrá posteriormente diferencias tautológicas en el fitness entre los individuos. A partir de esto, solo podemos decir que la evolución ocurre porque la evolución ocurre. El análisis de diseño sin embargo hace posible determinar el fitness a priori y entonces podemos juzgar la adaptación relativa de dos formas en ausencia de cualquier conocimiento previo de sus rendimientos reproductivos.

¿Se pueden hacer predicciones? Las condiciones para hacer predicciones, a partir del análisis de la adaptación relativa, son las mismas que para juzgar una adaptación absoluta. Un cambio en la longitud de los huesos largos de la pata de la cebra, le permiten correr más rápido, esto será favorable en la evolución ya que (1) la velocidad de la carrera es el problema real que la cebra debe resolver,

(2) el cambio en la velocidad no tiene efectos adversos compensatorios en la adaptación del animal para resolver otros problemas fijados por el ambiente, y (3) el alargamiento del hueso no produce un desarrollo compensatorio directo, efectos fisiológicos en otros órganos o en su propia función. Si bien los leones se alimentan de las cebras, no es necesariamente cierto que las cebras más rápidas vayan a escapar más fácilmente, ya que no es seguro en absoluto que los leones sean limitados por la velocidad en su habilidad de capturar presas. Incluso, la mayor velocidad puede ser desarrollada a expensas de la eficiencia metabólica, de manera que si las cebras están limitadas por su alimento, resolver el problema de escapar de los predadores agrava el problema de la alimentación. Por último, los huesos más largos de la pierna pueden romperse más fácilmente, teniendo un costo energético mayor para su recuperación y generando una serie de problemas de la morfología integrada. La adaptación relativa, como el juicio de la adaptación absoluta, debe ser un argumento *ceteris paribus*, y como todas las demás cosas nunca son iguales, el juicio final en cuanto a si un cambio particular en una característica producirá relativamente una mayor adaptación depende del efecto neto en el organismo entero. Una opción sería sostener que el análisis de un problema predeterminado es considerado para *definir* la adaptación, independientemente del beneficio neto para el organismo. Tal solución desacoplaría la adaptación de la evolución y la haría un juego puramente intelectual.

Convergencia evolutiva

Las serias dificultades metodológicas y epistemológicas en el uso de la explicación adaptativa no deben hacernos perder de vista el hecho de que muchas características de los organismos claramente parecen soluciones convergentes a problemas ambientales obvios. Seguramente no es casual que los peces tengan aletas; que los mamíferos acuáticos hayan alterado sus apéndices para formar

aletas como los peces; que los patos, gansos y aves marinas tengan patas palmeadas; que los pingüinos tengan alas como paletas e incluso que las serpientes de mar que carecen de aletas, sean aplanadas transversalmente. Todas estas características son obviamente adaptaciones para la locomoción acuática y el fitness reproductivo de los ancestros, que de esta forma debe haber incrementado por la modificación gradual de sus apéndices de una manera similar. Sin embargo, parece puro misticismo suponer que nadar fue el mayor "problema" que se les presentó a los ancestros terrestres de los animales actuales, antes de que pudieran desplazarse a través de un medio líquido. El problema de la natación fue planteado de una manera rudimentaria y marginal, sometiendo al organismo a demandas marginales, cuya respuesta adaptativa menor resultó en un compromiso aún más profundo de la evolución de las especies al agua.

Pero esta coevolución del organismo y el ambiente continuó durante largos años en la misma dirección, produciendo animales similares a peces a partir de animales similares a perros y nadadores a partir de voladores, todos con apéndices aplanados. Se deduce que, frecuentemente, el argumento *ceteris paribus* debe ser verdad. De otro modo ninguna alteración progresiva para formar estas estructuras hubiera ocurrido. En consecuencia, el mapeo del estado de los caracteres dentro del fitness reproductivo neto debe tener dos características: *continuidad y cuasi-independencia.* Por continuidad nos referimos a que cambios muy pequeños en un carácter resultan en cambios muy pequeños en las relaciones ecológicas del organismo y por lo tanto corresponden a pequeños cambios en el fitness reproductivo. A una corta diferencia en la característica le corresponde una corta diferencia en el fitness. De esta manera, un leve cambio en la forma del apéndice de los mamíferos para hacerlo similar a una aleta no causa un cambio dramático en el patrón de reconocimiento sexual o hace al organismo atractivo a un grupo completamente nuevo de predadores. Por cuasi-independencia

queremos decir que existe una gran variedad de patrones a partir de los cuales una característica dada puede cambiar. A pesar de que algunos de estos patrones pueden dar lugar a cambios compensatorios en otros órganos y en otros aspectos de las relaciones ecológicas del organismo, en una proporción razonable de casos los efectos compensatorios no son de la magnitud suficiente para superar el incremento en el fitness producido por la adaptación. En términos genéticos, cuasi-independencia significa que una variedad de mutaciones pueden ocurrir, todas con el mismo efecto en el carácter primario pero con diferentes efectos en otras características, y que algunos grupos de estos cambios no se traducen en una desventaja neta.

Caracteres no adaptativos y el fracaso de la adaptación

Mientras que los principios de continuidad y cuasi-independencia pueden ser utilizados para explicar tendencias adaptativas en las características que realmente han ocurrido, no pueden ser utilizadas indiscriminadamente para afirmar que todas las características son adaptativas o para predecir la aparición de alguna que debe surgir porque sería adaptativa. De hecho, la ausencia de continuidad y cuasi-independencia puede ser poderosamente disuasiva de las tendencias adaptativas. Parece obvio que haya ocurrido la adaptación, pero no está del todo claro que la mayoría de los cambios, o incluso muchos de ellos, sean adaptativos. Por lo tanto, el programa adaptativo es una parte de la vulgarización del darwinismo en la que gran parte de la teoría evolutiva consiste en una aplicación acrítica del programa para manifestar y postular características de los organismos.

Un ejemplo es el argumento utilizado por Wilson en el que el adoctrinamiento (los seres humanos son fáciles de adoctrinar... ellos lo buscan p. 562) y la fe ciega (los hombres prefieren creer que conocer p. 561) son consecuencias adaptativas de la evolución

humana, ya que los individuos conformistas se van a someter más a menudo a los objetivos comunes del grupo, garantizando apoyo en lugar de hostilidad, lo que incrementaría su fitness reproductivo.[11] Esta visión universaliza dos comportamientos determinados socialmente, haciéndolos partes de la "naturaleza humana" y luego argumenta esta postura a partir de su evolución adaptativa. Poniendo a un lado la cuestión de la universalidad del adoctrinamiento y la fe ciega, la pretensión de que son el producto de la evolución adaptativa requiere que sean variaciones heredables biológicamente, este conformismo dejaría mayor descendencia, todas las otras cosas serían iguales, finalmente todas las cosas *son* iguales. Ninguna de estas proposiciones puede ser puesta a prueba. No hay evidencia de ninguna variación genética para el conformismo, pero eso no es convincente ya que la cuestión concierne a la variación genética en el pasado evolutivo. No hay ninguna razón para suponer que el conformismo es una característica independiente y no simplemente un concepto definido culturalmente que ha sido cosificado por los biólogos. La alternativa es reconocer que el "conformismo" es una "característica" como construcción abstracta, que es una de las formas posibles de describir un aspecto del comportamiento de algunos individuos en algún momento y que es la consecuencia de la evolución de un sistema nervioso central complejo. Es decir, la característica adaptativa es la extremada y altamente desarrollada organización del sistema nervioso central: la apariencia de conformidad como una manifestación de la complejidad es totalmente epifenoménica.

El fenómeno de *alometría* plantea una situación paralela para los caracteres morfológicos. Esto significa que diferentes órganos crecen a diferentes velocidades. Esto implica que, si el crecimiento es prolongado, al producir un individuo más grande no todas las partes serán proporcionalmente mayores. Por ejemplo, en los

---

[11] Wilson, *Sociobiología...*, op. cit.

primates el tamaño de los dientes aumenta menos de una especie a otra, en relación al tamaño del cuerpo, entonces los primates más grandes tienen dientes proporcionalmente más pequeños que los primates de menor tamaño. Esta relación entre el tamaño de los dientes y del cuerpo es constante a lo largo de todos los primates, y sería erróneo argumentar que, por alguna razón adaptativa en especial, se seleccionaron los gorilas por sus dientes relativamente más pequeños. Las correlaciones del desarrollo tienden a ser bastante conservadoras en la evolución y muchas características consideradas como tendencias adaptativas, resultan ser puramente alométricas si se las examina más de cerca.

De manera recíproca, el aumento por selección natural de ciertas características en una población, no es en sí misma una guía para la adaptación. Una mutación que duplica la tasa de puesta de huevos en un insecto, limitada por la cantidad de alimento disponible para los estadios inmaduros, se propagaría muy rápidamente a través de la población. Sin embargo, el resultado final sería una población con la misma densidad de adultos que la anterior, pero con el doble de densidad de individuos inmaduros y mucha más competencia entre los estadios larvarios. Una escasez periódica importante de alimentos provocaría un aumento de la probabilidad de extinción de la población que la que resultaría con una menor competencia entre las larvas. Aún más, los predadores pueden cambiar sus imágenes de búsqueda a las larvas de esta especie, que ahora son más abundantes. O, debido al aumento de densidad, una enfermedad epidémica se distribuiría más fácilmente. Es difícil decir de manera exacta, cuál es el problema ambiental para el cual el incremento de la fecundidad es la solución.

La adaptación como ideología

La caricatura de la adaptación darwiniana que considera que todas las características, reales o construidas, son la solución óptima

para los problemas, está más relacionada a la ideología del siglo dieciséis que a la del siglo diecinueve. Antes de que la burguesía llegara al poder, el Estado y el mundo eran considerados fijos. Esta característica se justificaba aludiendo a manifestaciones de la voluntad divina. Las relaciones entre las personas y entre la humanidad y la naturaleza eran inalterablemente justas y racionales porque el autor de todas las cosas era inmutable, justo y racional. Por otra parte, había una unidad orgánica de las relaciones. Por ejemplo, la relación entre los señores y los siervos y de ambos a la tierra, no podía ser destruida, ya que eran todos partes de un plan articulado. Esta ideología, la cual era una forma de legitimación consciente del orden social y su producto inconsciente, se convirtió en el centro de ataque de los ideólogos de la burguesía comercial que incrementaba su poder. El éxito de los intereses comerciales y manufactureros hizo necesario que los hombres fueran capaces de ascender tan alto en su status y poder, como se lo permitieran sus actividades empresariales. Además, requerían liberar el dinero, la tierra y la mano de obra de sus relaciones rígidas tradicionales. Tenía que ser posible enajenar la tierra para la producción primaria y en el mismo proceso permitir al trabajador poseer su propia fuerza de trabajo y llevarla a los centros de manufacturación donde podían venderla en el mercado laboral. En consecuencia, la ideología de la Ilustración enfatizaba el progreso en lugar del estancamiento, volverse en lugar de ser, y la libertad y desarticulación de la partes del mundo en lugar de su unidad indisoluble. El Dr. Pangloss de Voltaire, que creía que hasta las miles de muertes ocurridas durante el terremoto de Lisboa comprobaba que este es el "mejor de los mundos posibles", simboliza la estupidez de la vieja ideología. La *bête machine* de Descartes y la *homme machine* de La Mettrie proveían el programa para el análisis de la naturaleza por la disección y desarticulación en causas y efectos separados.

El trabajo de Darwin llegó al final de la exitosa lucha de la burguesía para hacer un mundo adecuado para sus propias actividades.

La mitad del siglo diecinueve fue un tiempo de inmensa expansión de la producción y la riqueza. El abuelo materno de Darwin, Josiah Wedgwood, comenzó como aprendiz de alfarero y se convirtió en uno de los grandes industriales del Midland, personificando al floreciente y exuberante capitalismo. La invención de la máquina y el mercado libre de trabajo sirven de base para el crecimiento del capital y la transformación social y física de Europa. En *El Progreso: sus leyes y causas*, Herbert Spencer expresó la creencia de la inevitabilidad del cambio y el progreso de mitad del siglo diecinueve. La teoría de la evolución de los organismos de Darwin fue una expresión de estos mismos elementos. Destacó que el cambio y la inestabilidad eran características del mundo viviente (y también del mundo inorgánico, ya que la tierra en sí misma fue transformada por procesos geológicos). La adaptación, para Darwin, era el proceso de llegar finalmente a un estado óptimo. En este esquema, el progreso a través de mejoramientos sucesivos de las relaciones mecánicas era la característica principal.

Debe recordarse que para Darwin la existencia de "órganos de extrema perfección y complejidad" era considerada una dificultad más que una prueba de su teoría. Destacó las numerosas formas rudimentarias e imperfectas de algunos órganos que estaban presentes en las especies vivientes. La idea de que el análisis de las formas vivas mostraría características óptimas, era bastante ajena a Darwin. La demostración de una tendencia universal hacia un estado óptimo solo podría haber sido un golpe contra su teoría progresista y un retorno a las ideas de la creación especial. Al final de *El origen de las especies* escribió:

"Cuando considero todos los seres orgánicos, no como creaciones especiales, sino como descendientes directos de un corto número de seres que vivieron mucho antes de que fuera depositada la primera capa del sistema Cámbrico, me parece que se ennoblecen. A juzgar por el pasado, podemos deducir con seguridad que ninguna especie viviente

transmitirá sin alteración su semejanza a una época futura lejana (...) Y como la selección natural obra sólo mediante el bien y para el bien de cada ser, todas los dones intelectuales y corporales *tenderán a progresar hacia la perfección.*"[12]

Sin embargo, como el mismo Darwin escribió, un "fantasma se cierne sobre Europa". La exitosa revolución del siglo dieciocho estaba en peligro de ser derrocada por nuevas revoluciones. La resistencia de la nueva burguesía dominante necesitaba algo más que el progreso social, necesitaba un cambio de la ideología legitimadora. Entonces, fue proclamado por sus defensores que el aumento progresivo de las clases medias, era el último cambio progresivo. El hombre empresario democrático y liberal era la forma más alta de la civilización, hacia la cual el desarrollo de la sociedad tiende todo el tiempo. Después de todo, el Dr. Pangloss estaba acertado, solo fue un poco prematuro. La teoría social liberal de la última parte del siglo diecinueve y del veinte hizo hincapié en el equilibrio dinámico y el estado óptimo. Los individuos suben y bajan en el sistema social, pero el sistema en sí mismo es visto como estable y lo más cerca de la perfección que un sistema podría estar. Es eficiente, justo y produce grandes bienes y en mayor cantidad. Al mismo tiempo, el análisis mecánico cartesiano por desarticulación de las partes y separación de las causas, ha mantenido su continuidad e importancia desde sus inicios.

La ideología del equilibrio y la estabilidad dinámica caracterizan a la teoría evolutiva moderna tanto como a la teoría política y económica burguesa. La historia Whig es imitada por la biología Whig.[13] El programa adaptacionista moderno intenta

12Darwin, *El origen...*, op. cit., p. 637.

[13]El partido whig fue el antecedente, durante el siglo XVIII, del Partido Liberal británico. Representante de la burguesía más proclive al reformismo, frente a los "torys". La perspectiva whig, entonces, corresponde a la tradición del liberalismo que cree en el progreso permanente. La

demostrar que los organismos son o están cerca del óptimo esperado. Entonces, a pesar que se originan nuevas especies y otras se extinguen, esta visión conduce a pensar que nada está ocurriendo en la evolución. De manera contraria a Darwin, los adaptacionistas modernos consideran la existencia de estructuras óptimas, la adaptación perfecta, como evidencia de la evolución por selección natural. No hay progreso porque no hay nada que mejorar. La selección natural simplemente evita que las especies caigan muy lejos de los cambios constantes, pero lentos, del ambiente. Hay una sorprendente similitud entre esta visión de la evolución y la pretensión de que la sociedad de mercado moderna es la forma de organización más racional posible. Que a pesar de que los individuos pueden subir y bajar en la jerarquía social, a partir de sus méritos, hay un equilibrio dinámico en las clases sociales. Y que los cambios sociales y tecnológicos solo ocurren en la medida que son necesitados para continuar con vida en un ambiente en decadencia

historiografía whig es la que construye un relato en el que el progreso se impone fatalmente, culminando en la sociedad capitalista.

Capítuo III

El organismo como sujeto y objeto de la evolución[1]

[1]Este capítulo fue publicado por primera vez en *Scientia*, nº 118, 1983, p. 63-82.

La teoría moderna de la evolución es llamada "darwiniana". Esto no significa que Darwin haya inventado la idea de evolución; sin duda no lo hizo. Tampoco recibe ese nombre porque su invento, la Selección Natural, sea la única fuerza evolutiva. Más precisamente, Darwin entendió que el proceso del cambio evolutivo de los seres vivos es radicalmente diferente de cualquier otro proceso histórico conocido. Además, su formulación provocó una ruptura epistemológica drástica con las teorías anteriores. Antes de Darwin, las teorías del cambio histórico eran todas transformacionales. Esto significa, que ocurrían cambios en los sistemas, a través del tiempo, porque cada elemento del sistema era sometido a una transformación individual durante la historia de su vida. La teoría de la evolución de Lamarck era transformacional en el sentido que las especies cambiaban porque cada individuo dentro de la especie lo hacía. El cambio ocurría como producto de la voluntad interna y el esfuerzo; de esta manera un organismo podía cambiar su naturaleza, y ese cambio era transmitido a su descendencia. Si el cuello de las jirafas se volvía más largo con el tiempo, era porque cada jirafa intentaba estirarlo para llegar a la copa de los árboles. Un ejemplo de una teoría transformacional, en las ciencias naturales modernas, es la de la evolución del cosmos. Dicha teoría indica que el conjunto

de estrellas está evolucionando porque cada estrella, después de su nacimiento durante la explosión inicial que produjo la materia del universo, es objeto de la misma historia. Por lo tanto se convierte en una gigante roja, luego una enana blanca, y, finalmente, muere. En consecuencia, la evolución del universo es la evolución de cada estrella que se encuentra en él. Todas las teorías de la historia humana son transformacionales, ya que señalan que una cultura se transforma por etapas sucesivas, como consecuencia de la transformación de los individuos que la componen.

Por el contrario, Darwin propuso un principio *variacional*. Esto implica que los individuos, miembros de un grupo, difieren entre ellos en algunas propiedades y que el sistema evoluciona por cambios en la proporción de los diferentes tipos. Se produce una clasificación en la que algunas variantes persisten y otras desaparecen, por lo tanto, cambia la naturaleza del conjunto sin que ocurra ningún cambio en los miembros individuales. En consecuencia, las variaciones entre los objetos en el espacio se transforman cualitativamente en variaciones temporales. Así, un proceso dinámico en el tiempo surge como consecuencia de una variación estática en el espacio. Hasta donde sabemos, no hay otro proceso histórico, más que el de la evolución de los seres vivos, que tenga esta forma de variación.

En las teorías transformacionales los elementos individuales son el *sujeto* del proceso evolutivo, los cambios en los elementos por sí mismos producen la evolución. Estos sujetos cambian por fuerzas que son totalmente internas. Entonces, el cambio es una especie de despliegue de etapas inherentes a ellos. Los elementos "se desarrollan". Originalmente, la palabra "desarrollo" significó un despliegue de un patrón predeterminado, un significado que aún se conserva en fotografía y geometría. El rol del mundo externo, en dicha teoría del desarrollo, está restringido a desencadenar inicialmente este proceso para ponerlo en movimiento. Incluso la teoría evolutiva de Lamarck no le otorgaba al ambiente la función de crear el cambio,

sino al impulso vital del organismo que lo obligaba a cambiar por sí mismo a través de la voluntad y el esfuerzo. De esta visión transformacional emanan dos características importantes. En primer lugar, implica que cada etapa que el organismo atraviesa es una precondición para la etapa siguiente. Entonces, no hay atajos posibles, no hay posibilidad de un reordenamiento de la transformación, por lo tanto, solo existe un final para ese proceso. En efecto, las tensiones y contradicciones de una etapa son, en realidad, las fuerzas motoras del cambio a una etapa nueva. La teoría marxista de la historia, es precisamente, una teoría que describe etapas históricas bien ordenadas, donde cada una da lugar a la próxima como consecuencia de las fuerzas internas presentes en cada una de ellas. Las teorías del desarrollo psíquico, como las de Freud y Piaget, derivan de teorías del desarrollo embrionario del siglo diecinueve. Entonces, cada etapa, sea del cuerpo o de la psiquis, es una precondición necesaria para que ocurra la siguiente y el pasaje de una a otra depende de las fuerzas, puramente internas, en cada momento. El rol del mundo externo es ajustar el proceso que ya está en movimiento y permitir la finalización exitosa de cada fase.

Este rol otorgado al ambiente determina la segunda característica de las teorías transformacionales, la posibilidad de detener el desarrollo. Si las fuerzas externas bloquean el despliegue de alguna etapa, el sistema puede quedar fijado permanentemente, en etapas tempranas. Esta fijación prematura es la que explica cada variación observada entre un individuo y otro. Por ejemplo, en la teoría freudiana de la personalidad, una persona puede quedar fijada en la etapa erótica anal u oral o en alguna etapa de la resolución del complejo de Edipo y dar lugar a la manifestación de variaciones en los síntomas neuróticos.

En la teoría de la *neotenia*, se conservan estas nociones de patrones lineales ordenados en etapas y la posibilidad de detener el desarrollo. De acuerdo a esta visión, los organismos que aparecieron más recientemente en la evolución tienen la forma de etapas

tempranas del desarrollo de sus especies ancestrales. Los embriones de gorilas y humanos se parecen más entre sí que los adultos de estas especies. Además, los humanos adultos son morfológicamente similares a los fetos de gorilas. Esto implica que los humanos son gorilas nacidos muy pronto y que quedaron fijados en la etapa fetal de su desarrollo. Se deduce de esta teoría que, si se pudiera desbloquear de alguna manera el desarrollo de un ser humano, este desarrollaría los brazos largos, la mandíbula retraída y la cresta sagital propia de los gorilas adultos. Resulta obvio que una visión neoténica de la evolución es muy limitada en este aspecto, ya que no se puede decir que los humanos adultos se parecen a un pez en alguna etapa temprana del desarrollo embrionario. En realidad, la evolución no puede ser una especie de despliegue del desarrollo, semejante a la teoría del homúnculo, que implica el absurdo de que los mamíferos están completamente contenidos en las células unicelulares tempranas del organismo.

La teoría variacional de Darwin desplaza al organismo del lugar de sujeto al lugar de objeto de las fuerzas evolutivas. La variación entre los organismos surge como consecuencia de fuerzas internas autónomas y alienadas del organismo en su totalidad. El organismo es el objeto de esas fuerzas internas, las cuales operan independientemente de sus necesidades funcionales o de sus relaciones con el mundo exterior. Esto es lo que significa que las mutaciones sean al "azar". Es decir, no es que las mutaciones sean fortuitas o fuera de un mundo determinado (excepto en el sentido de cómo la incertidumbre cuántica podría entrar en el proceso real de cambio molecular), sino que las fuerzas que gobiernan la naturaleza de las nuevas variaciones operan sin la influencia del organismo o su entorno. Una vez que la variación ocurre, algunas variantes sobreviven y se reproducen mientras que otras se pierden, de acuerdo a la relación entre los tipos de variantes y el ambiente en el cual viven. Una vez más, el organismo es el objeto, esta vez de las fuerzas externas, las cuales son también autónomas y alienadas al organismo

en su totalidad. El ambiente cambia como consecuencia de eventos cosmológicos, geológicos y meteorológicos, que tiene sus propias leyes, independientes de la vida y muerte de las especies. Incluso cuando el ambiente de una determinada especie incluye otras especies, la historia de esas especies es autónoma e independiente de las especies que son consideradas.

En el darwinismo, el rol de lo interno y lo externo no es simétrico. Las teorías variacionales pre-darwinianas colocan a las fuerzas internas del desarrollo en la posición dominante y entienden la historia como una consecuencia del desarrollo. La neotenia pertenece a esta tradición platónica predarwiniana que retrata la evolución de los organismos como la simple detención de algún estadio de del desarrollo. En consecuencia, la ontogenia domina la historia. Para la teoría darwiniana lo que realmente sucede es lo contrario. Las fuerzas históricas son dominantes, y el desarrollo no hace nada más que proporcionar la materia prima para las fuerzas de la selección natural. Se elige externamente cuál de los posibles estados internos sobrevivirá. Entonces, como vemos, el patrón de desarrollo es la consecuencia de la historia y no su causa. La teoría de Ernst Haeckel de la recapitulación es, en este sentido, auténticamente darwiniana, porque sostiene que los estadios embrionarios a través de los cuales pasa un organismo son el rastro de su pasado evolutivo, no la imagen de su evolución futura. Los embriones humanos tienen hendiduras branquiales por sus ancestros peces y anfibios, pero en los seres humanos estas desaparecen porque evolucionaron más. A través de la evolución, se van añadiendo nuevos estadios del desarrollo, que no están inmanentes en los peces del Devónico. En consecuencia, en el darwinismo la historia domina a la ontogenia.

Por lo tanto, el darwinismo clásico coloca al organismo como el nexo entre las fuerzas internas y externas, cada una de las cuales tiene sus propias leyes, que son independientes entre sí y también del organismo que es su creación. De manera curiosa, el organismo, objeto de esas fuerzas, se convierte en irrelevante para

los evolucionistas, porque la evolución de los organismos es solo una transformación de la evolución del ambiente. El organismo no es más que el medio por el cual las fuerzas externas del ambiente enfrentan las fuerzas internas que producen la variación. No es sorprendente, que algunos darwinistas vulgares coloquen al gen como la única unidad real de selección y vean la evolución como un proceso de la supervivencia diferencial de los *genes* en respuesta a un mundo externo.

En *El gen egoísta* Richard Dawkins habla de los organismos como "robots... controlados en cuerpo y mente" por sus genes, y utilizados como medio, por parte de un gen, para hacer otro gen. Si las especies son, en efecto, los nexos pasivos entre los genes y un ambiente selectivo, si los genes proponen y el ambiente dispone, entonces en un sentido profundo los organismos son realmente irrelevantes y el estudio de la evolución no es nada más que la combinación de biología molecular y geología.

Pero esta visión da una imagen falsa de la evolución orgánica y no puede hacer frente con éxito a los problemas planteados por los biólogos evolutivos, porque ignora dos propiedades fundamentales de los seres vivos que están en contradicción directa con un darwinismo superficial. Primero, no es verdad que el desarrollo de un organismo individual es un despliegue de un programa interno. En un simposio en 1982, en conmemoración del centenario de la muerte de Darwin, un destacado biólogo molecular expresó la posibilidad de que, si conocemos la secuencia de ADN completa de un organismo y tuviéramos una computadora lo suficientemente grande, sería posible, en principio, computar al organismo. Seguramente esto es falso ya que un organismo no se computa a sí mismo a partir de su ADN. El organismo es la consecuencia de un proceso histórico que va desde el momento de la concepción hasta el momento de su muerte, en el que en cada momento participan los genes, el ambiente, el azar y el mismo organismo en su totalidad. Segundo, no es verdad que la vida, la muerte y la reproducción

de un organismo sean una consecuencia de la forma en la cual el ser vivo recibe la acción de un ambiente autónomo. La selección natural no es la consecuencia de cómo el organismo resuelve un conjunto de problemas fijos planteados por el ambiente, al contrario, el ambiente y el organismo se determinan activamente el uno al otro. Los factores internos y externos, los genes y el ambiente, actúan por medio del organismo. Así, como el organismo es el nexo entre las fuerzas externas e internas es también el lugar de su interacción. Entonces, los organismos no pueden ser considerados objetos pasivos de fuerzas internas y externas autónomas, son también el sujeto de su propia evolución.

Gen y desarrollo

Es común, incluso en textos de genética, que se hable de genes que determinan características, como si conocer el gen implica que la característica estará dada. Esta noción deriva de varias fuentes históricas. En primer lugar, desde el siglo diecinueve, los biólogos del desarrollo se preguntaron cómo a partir de un huevo fertilizado de un rana siempre se obtiene una rana, mientras que del de una gallina siempre se desarrolla otra gallina. Incluso, cuando el ambiente donde el desarrollo tiene lugar es severamente perturbado, generalmente un proceso de regulación asegura que el resultado final sea el mismo. Si el brote perteneciente a las extremidades, en el desarrollo de un anfibio, es cortado, las células se disgregan, luego vuelven a juntarse, la masa de células se reimplanta en el embrión y se desarrolla una pata normal. Jamás un disturbio en el ambiente provocó que a partir de un embrión de anfibio se desarrollara una gallina. Por lo tanto, queda la impresión contundente de que se expresa un programa interno a las células y que el desarrollo del adulto es, en efecto, un despliegue con un final inevitable.

Segundo, las leyes de la herencia fueron descubiertas siguiendo características simples, que tiene una correspondencia uno a uno

con los genes. Mendel tuvo éxito, donde otros fracasaron, en parte porque él trabajó con variedades hortícolas en las cuales las grandes diferencias en el fenotipo eran el resultado de la presencia de alelos alternativos de genes simples. Las plantas de arvejillas, utilizadas por Mendel, podían ser altas o bajas en respuesta a la presencia de alelos de un único gen, pero habitualmente, en las poblaciones naturales la mayoría de las especies de plantas no presentan, en absoluto, una relación simple entre altura y genes. Esto explica por qué Mendel fracasó cuando quiso entender la variación en la herencia de especies silvestres como *Hieracium*.

En tercer lugar, la biología molecular moderna se ocupa de los productos directos de la acción de los genes: la proteína producida por las células a partir de una secuencia específica del ADN. Como en las arvejillas de Mendel, hay una correspondencia uno a uno entre una diferencia genética simple y en la diferencia discreta observable en el fenotipo. En efecto, la problemática de la biología molecular es dar una descripción completa de la maquinaria responsable de reunir esta correspondencia única. Es imposible trabajar con los detalles de la maquinaria si la correspondencia entre el gen y el fenotipo es pobre. Entonces la biología molecular, por una demanda necesaria de sus métodos de investigación, concentra toda su atención en las relaciones simples entre gen y característica. Sin embargo, si examinamos las relaciones más generales entre gen y organismo, inmediatamente no damos cuenta que la situación es más compleja.

En general, la morfología, la fisiología, el metabolismo y el comportamiento (el fenotipo) de un organismo, en cada momento de su vida, es un producto tanto de los genes transmitidos por los padres, como del ambiente en el cual se desarrolla. El número de células fotorreceptoras, o facetas, en el ojo compuesto de la mosca de la fruta (*Drosophila)*, es generalmente de 1.000 unidades, pero la mutación de ciertos genes reduce severamente dicha cantidad. Por ejemplo, las moscas que portan la mutación *Ultrabar* tienen solo

100 facetas. Sin embargo, el número de células del ojo también depende de la temperatura a la que la mosca se desarrolla: moscas del genotipo normal producen cerca de 1.100 células a 15° C, pero solo 750 a 30° C.

La relación entre el fenotipo y el ambiente está expresado en la *norma de reacción,* esta es una tabla de correspondencia entre el fenotipo resultante del desarrollo y el ambiente en el que tuvo lugar. Cada genotipo tiene su propia norma de reacción, detallando como responderá el organismo en desarrollo a diversos ambientes. En general, un genotipo no puede ser caracterizado por un único fenotipo. En algunos casos, la norma de reacción de un genotipo está siempre por debajo de la de otros genotipos, en todos los ambientes. Entonces, por ejemplo, podemos decir, sin ambigüedades, que las moscas *Ultrabar* tienen ojos más pequeños que las moscas normales porque eso sucede a cualquier temperatura analizada. Sin embargo, otra mutación, *Infrabar*, también tiene menor cantidad de células que las normales, pero tiene una relación opuesta a la temperatura, y su norma de reacción atraviesa las de *Ultrabar* (ver Fig. 3.1). Claramente no podemos preguntar "cuál de las mutaciones produce mayor cantidad de células", porque la respuesta depende de la temperatura.

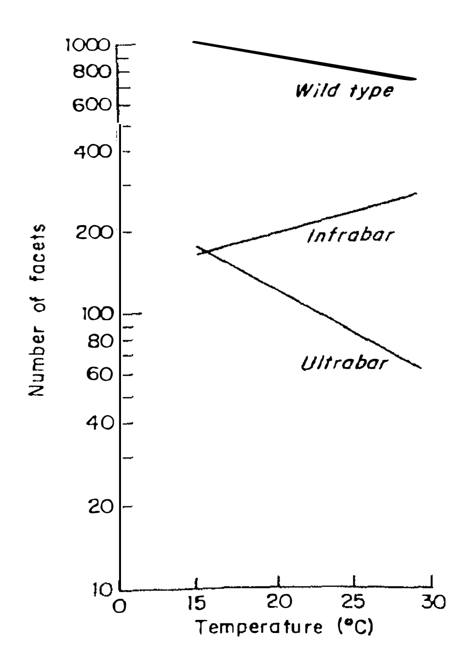


Fig. 3.1 Norma de reacción para el número de células oculares en función de la temperatura en *Drosophila*.

La figura 3.2 muestra las normas de reacción de las probabilidades de supervivencia de estadios inmaduros en *Drosophila*, en función de la temperatura. Las diferentes líneas representan genotipos tomados de diferentes poblaciones naturales, y ellas son más típicas de las normas de reacción que las de mutantes del tamaño del ojo. No se observa una regularidad evidente. Algunos genotipos disminuyen la supervivencia con la temperatura, algunas la incrementan, algunos tienen un valor máximo a temperaturas intermedias y otros a temperaturas mínimas.

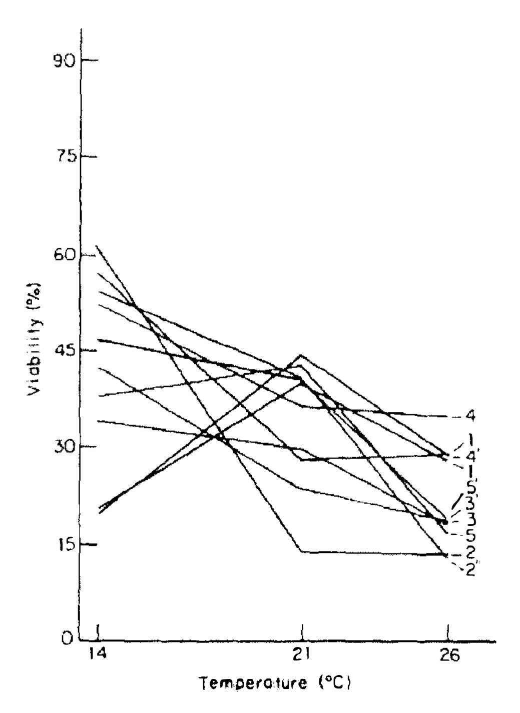


Fig. 3.2. Normas de reacción para la viabilidad en los genotipos de poblaciones naturales de Drosophila en función de la temperatura.

El genotipo 2', tiene la tercera supervivencia más alta a 14° C y la menor a 26° C. Los experimentos ilustrados en la Fig. 3.1. y 3.2, llevados a cabo para una variedad de organismos, en una variedad de tratamientos y ambientes, establecieron tres características para las relaciones entre los genes, el ambiente y el organismo. Primero, no hay un único fenotipo que corresponda a un único genotipo, el fenotipos depende tanto del genotipo como del ambiente. Segundo, los efectos en la forma y dirección del ambiente sobre el desarrollo difieren de un genotipo a otro. Tercero, y recíprocamente, no hay

un orden único de genotipos de manera que podamos caracterizar a unos como superiores y a otros como inferiores.

Si bien el fenotipo depende tanto del genotipo como del ambiente, este no está determinado por ambos. Si contamos las células oculares o el largo de los pelos del lado derecho e izquierdo del cuerpo de *Drosophila*, criadas en el laboratorio, encontramos que las moscas son siempre asimétricas, y que hay tanta cantidad de moscas en la que predomina el lado izquierdo como el lado derecho. Esto significa, que no hay diferencias, en promedio, entre el fenotipo derecho o izquierdo para la especie en total. Pero sí hay una gran variación entre los individuos. Los genes que controlan estas características del lado derecho o izquierdo son los mismos. Por otra parte, cada mosca comienza como una larva que excava a través de un medio homogéneo y luego completa su desarrollo como pupa de 2 a 3 milímetros de largo fijada a la superficie de un frasco de vidrio. Ninguna definición sensata de ambiente podría aplicarse para esta diferencia entre el lado derecho o izquierdo, a pesar de esto, la mitad de los organismos se desarrolla de modo diferente. Esta asimetría aleatoria es una consecuencia del *ruido en el desarrollo*, ya que los eventos aleatorios a nivel celular y molecular que influyen en la división celular y la maduración pueden dar como resultado pequeñas diferencias en el momento en el que ocurren los cambios críticos. Si una célula se divide demasiado pronto, puede dar lugar a un pelo extra, si lo hace demasiado tarde, puede no diferenciarse en absoluto. Tales eventos aleatorios del desarrollo contribuyen de manera significativa en la variación del organismo. Para órganos muy complejos como el cerebro, en el cual pequeñas variaciones estructurales pueden reflejarse en grandes diferencias funcionales, el ruido aleatorio de desarrollo puede ser una fuente importante de la variación individual.

Actualmente las conexiones entre genes, ambiente y características tales como forma, tamaño y comportamiento, son conocidas solo a un nivel fenomenológico superficial. Los verdaderos

mecanismos de interacción son desconocidos. Sin embargo, algunos casos simples de control de la producción de enzimas y su actividad proveen un modelo para los casos más complejos. En este caso, la información del ambiente juega un papel en cuatro niveles. En el nivel más bajo, la síntesis de una enzima en particular o de una proteína puede ser "apagada" o "encendida" debido a que el gen está bloqueado o desbloqueado por las mismas sustancias sobre las cuales la enzima va a actuar. Por ejemplo, en las bacterias, el gen que codifica la enzima que degrada la lactosa esta normalmente bloqueado, pero si la lactosa está presente en el ambiente, se combina en la célula con la molécula inhibidora y en consecuencia el gen pasa a estar disponible para la maquinaria sintética. Al contrario, en las mismas bacterias los genes para las enzimas que intervienen en la síntesis del aminoácido esencial, triptófano, están normalmente activados, pero a medida que el triptófano se acumula, se combina con la molécula inhibidora y desactiva la transcripción del gen. En un nivel más alto, hay sustancias que actúan sobre las enzimas, estas pueden combinarse con las mismas para estabilizarlas y prevenir su degradación; de esta manera se garantiza una adecuada provisión de enzimas en el momento en que son muy demandadas. En un nivel aún mayor, la cinética normal de las reacciones químicas ralentiza las etapas de las vías metabólicas de síntesis, si el producto final se acumula y las acelera si el producto final es removido rápidamente. En el nivel más alto se encuentra la regulación de la tasa de síntesis de proteínas, regulada por la temperatura, los nutrientes y los iones inorgánicos que influyen en la velocidad de la producción de las enzimas que intervienen en la síntesis.

Cada uno de los mecanismos mencionados, excepto el último, tiene la propiedad de que la información del ambiente modula la vía biosintética en un sentido que hace encajar la tasa de actividad con la demanda del producto. La sensibilidad de la actividad global de biosíntesis a la temperatura y los nutrientes no puede ser

considerada adaptativa, sino que es una consecuencia mecánica de las propiedades generales de los sistemas químicos.

La consecuencia de la interacción de los genes, el ambiente y el ruido en el desarrollo es una relación "muchos a muchos" entre los genes y el organismo. Entonces, el mismo genotipo puede dar lugar a muchos organismos diferentes. Por otro lado, el mismo organismo puede corresponder a muchos genotipos distintos. Esto no significa que el organismo es infinitamente plástico, o que cualquier genotipo puede corresponder con cualquier fenotipo. Las normas de reacción para diferentes genotipos son diferentes, pero son las normas de reacción las que constituyen el objeto real de estudio para los biólogos del desarrollo, más que algún organismo ideal, supuestamente producido en forma determinista por los genes.

La concepción del desarrollo como un despliegue inevitable de etapas sucesivas, a pesar de ser incorrecto, incorpora una perspectiva importante a la ontogenia, esto es, que se trata de un proceso histórico en el cual el evento siguiente es influenciado por el estado previo. Entonces, el desarrollo es un proceso contingente, en el cual el efecto de una fuerza no puede ser especificado en general pero sí en un contexto particular. Una consecuencia de esta contingencia, es que el ambiente al ser relevante para el desarrollo del organismo, es una secuencia temporal de eventos en el cual el orden exacto de los mismos es crítico. Por ejemplo, si se somete a un shock térmico a una cepa de *Drosophila* durante un período crítico de 4 horas durante su desarrollo, se verá alterado el patrón de las venas de las alas. Un shock dado antes o después de ese período crítico no va a cambiar las venas de las alas, pero va a afectar otras características como el tamaño de los ojos. Esta contingencia temporal, es también contingente sobre el genotipo, ya que los individuos genéticamente diferentes pueden desarrollarse de manera idéntica en un tipo de ambiente y diferir en otros. La mayoría de las moscas desarrollan un patrón de alas normales a 25° C, solo algunos genotipos producen venas anormales en las alas bajo un shock térmico.

Una segunda consecuencia de la contingencia, es que el efecto de la variación genética sobre el desarrollo de las características, no depende solo de los genes directamente relacionados con dicha característica. Los experimentos de Rendel[1] y Waddington[2] en los llamados caracteres "canalizados" han mostrado que, paradójicamente, las características que no varían de un individuo a otro tienen una base genética para la variación. El número de cerdas escutelares, cuatro, en la parte posterior de *Drosophila* es extremadamente constante de una mosca a otra. No obstante, si el desarrollo de la mosca es severamente alterado experimentalmente, las moscas bajo el mismo tratamiento desarrollarán diferentes números de cerdas. La propiedad hereditaria de estas diferencias implica que hay una variación genética entre individuos que pueden afectar el número de cerdas, si el sistema de desarrollo normal no amortigua esa variación. Además, el mismo sistema amortiguador del desarrollo puede llegar a ser una consecuencia de otros genes, entonces, es posible genéticamente remover el amortiguador o alterar sus características para que se desarrollen, por ejemplo, seis cerdas en lugar de cuatro.

Otra consecuencia del desarrollo contingente es que la ontogenia no es una secuencia lineal de etapas, en la cual una etapa lleva siempre al desarrollo de la siguiente, sino que es un conjunto de vías ramificadas. Por ejemplo, el extremo de las hojas y los tallos de las enredaderas tropicales toman una variedad de formas y espesor, dependiendo de la relación entre el ápice y el terreno. Será de una forma si la enredadera está creciendo a lo largo del terreno, de otra cuando está trepando un árbol, de otra cuando alcanza una gran altura y de otra cuando desciende de las ramas de los árboles, colgando libremente en el aire. Cualquiera de estas formas tendrá

---

[1] Rendel, J. M.: *Canalization and gene control*, Academic Press, London 1967.

[2] Waddington, C.: "Genetic assimilation of an acquired character", in *Evolution* n° 7, 1953, p. 118-126.

éxito dependiendo de las señales del ambiente como la luz, la gravedad y el contacto con la superficie. Esto implica que cada estado es accesible a partir de cualquier otro, y la transición de un estado a otro tiene una débil dependencia de la historia previa de crecimiento. Estas enredaderas ejemplifican un extremo de la estructura del patrón de desarrollo, en el cual la probabilidad de seguir cualquier secuencia de desarrollo es esencialmente independiente del estado presente o pasado. En el otro extremo, están las transiciones únicas en las cuales un dado grado de desarrollo solo puede ser tomado desde un estado en particular y el sistema es irreversible. Una vez que una yema pasa de un crecimiento vegetativo a uno floral, el proceso no puede revertirse para formar, por ejemplo, una hoja.

En general, los procesos de desarrollo caen entre algunos de estos dos extremos, con etapas tempranas del desarrollo que son reversibles como con ramificaciones múltiples. A medida que se produce el desarrollo muchas características se convierten en irreversibles. En *Drosophila,* los macizos de tejido embrionario normalmente están destinados a convertirse en genitales, patas, alas u ojos en los adultos, pero puede desarrollarse en un tejido diferente si son mantenidos, por tiempo suficiente, en un estado embrionario indiferenciado. Las células genitales pueden cambiar a antenas o a patas, aunque no puede suceder lo contrario. Las patas y antenas embrionarias pueden cambiar reversiblemente a alas, y las alas a ojos, pero los ojos embrionarios nunca pueden convertirse en antenas. Entonces hay una topología de transiciones posibles en el desarrollo que pone restricciones al patrón de desarrollo sin hacerlos únicos.

Finalmente, los procesos de desarrollo son markovianos. Esto significa que la probabilidad de transición a un determinado estadio depende del estado del organismo en el momento de la transición y no de cómo ingresó a dicho estado. Por ejemplo, las semillas pequeñas dan lugar en general a pequeñas plántulas que crecen lentamente porque están a oscuras por sus competidores más altos.

No importa si la semilla era pequeña por el genotipo de la planta materna o porque se estableció en una ambiente desfavorable. En el caso de los animales, aquellos que son pequeños, con una gran relación superficie/volumen, pierde una gran cantidad de calor por radiación, independientemente de las causas que determinaron su tamaño. Entonces, el organismo, independientemente de las fuerzas internas o externas que influyen en él, entra directamente en la determinación de su propio futuro. La visión del desarrollo que coloca a los genes como determinantes, o incluso la visión que admite una interacción entre los genes y el ambiente como determinantes del organismo, coloca al organismo como el punto final. El organismo sería el objeto dónde actúan las fuerzas. En ese caso, la dirección de la causalidad va desde el gen y el ambiente al organismo. Sin embargo, el organismo participa en su propio desarrollo porque el desenlace de cada paso es una precondición para el siguiente. Aún más, el organismo participa activamente en su propio desarrollo porque, como ya vimos, es el determinante de su propio medio.

Organismo y ambiente

La visión darwiniana clásica del proceso de evolución coloca el problema de la adaptación como uno de los aspectos de la naturaleza que debe ser comprendido:

"Al considerar el origen de las especies es completamente lógico que un naturalista (...) pueda llegar a la conclusión de que las especies no han sido independientemente creadas sino que han descendido, como las variedades de otras especies. Sin embargo, esta conclusión, aunque estuviese bien fundada, no sería satisfactoria hasta tanto que pudiese demostrarse cómo las innumerables especies que habitan el mundo

se han modificado hasta adquirir esta perfección de estructura y esta adaptación mutua que causa, con justicia, nuestra admiración."[3]

Por supuesto, la solución de Darwin fue que las diferentes variantes, dentro de la especie, poseen propiedades que las hacen más o menos exitosas en la lucha por la supervivencia. Hay dos formas en las que puede ser considerado este éxito diferencial. La primera, puramente cinética, indica que las diferentes variantes tienen distintas tasas reproductivas y probabilidades de supervivencia, por lo tanto, al final una de las variantes caracterizará a la especie. Sin embargo, ningún elemento de esta descripción, predice que "la perfección excitará nuestra admiración". Por ejemplo, un genotipo que tiene una tasa de puesta de huevos levemente mayor que otra a altas temperaturas, puede tener efectos sobre la evolución pero no provocaría la impresión de un maravilloso ajuste entre el organismo y el mundo externo.

Sin embargo, la segunda visión explica este aparente ajuste. Esta consiste en que el mundo externo plantea un determinado problema a los organismos, entonces los que sobreviven mejor y se reproducen son aquellos cuyas características morfológicas, fisiológicas y comportamentales representan la mejor solución para ese problema. Con ese criterio, la locomoción es un problema que los animales nadadores resolvieron desarrollando apéndices planos, como aletas, aplanando sus cuerpos o adquiriendo pies palmeados. Los animales terrestres lo resolvieron desarrollando pezuñas, garras y patas articuladas y los voladores, alas. Esta forma de ver la adaptación adquirió credibilidad, no solo por recurrir al sentido común y a la ingeniería (que las aletas ayudan a moverse en el agua y las alas en el aire), sino también al hecho que los insectos, los murciélagos y los pájaros desarrollaron alas a partir de estructuras anatómicas bastante diferentes. Tal homología convergente hace parecer obvio

[3] Darwin, *El origen...*, op. cit., p. 11.

que el vuelo es un problema y que soluciones independientes evolucionaron por selección natural. En este sentido, los organismos son el objeto de la fuerza de la selección natural. Esta fuerza escoge la forma que da una mejor solución para el problema planteado por el mundo externo. La palabra "adaptación" refleja este punto de vista, implicando que el organismo es moldeado y formado para ajustarse a un nicho preexistente, dado por las fuerzas autónomas del ambiente, tal como una llave es fabricada para encajar en una cerradura.

Hay dos dificultades en la formulación de la evolución, una es conceptual y la otra es factual. El problema conceptual es cómo definir el nicho de un potencial organismo, antes que el organismo exista. El mundo físico puede generar una infinidad incontable de nichos. Se pueden construir un número arbitrario de menús de productos alimentarios, en la forma de frecuencias particulares de diferentes especies de plantas que pueden nutrir a un insecto, de las cuales actualmente no se alimenta. Ningún animal se arrastra sobre su vientre, pone huevos y come hierba, a pesar de que las serpientes viven en la hierba. Ningún pájaro come las hojas altas de la copa de los árboles, a pesar que muchos insectos lo hacen. Si la evolución está actualmente ocurriendo, como pensamos, entonces podemos preguntarnos, ¿qué distingue las combinaciones de los factores físicos y bióticos que forman los nichos en los cuales los organismos están evolucionando? ¿Se trata de una categoría natural? ¿Pueden ser, de alguna manera, descubiertas las reglas físicas que delimitan los nichos para nosotros y que nos muestran que todas las otras posibles combinaciones de factores físicos y biológicos por alguna razón no constituyen nichos?

Una postura posible ante estas preguntas se puede obtener consultando la descripción de nicho ecológico en los trabajos de ecología. Por ejemplo, la descripción del nicho ecológico de un pájaro es una lista de lo que come, de qué y cuándo construye el nido, de cuánto tiempo dedica a alimentarse en las diferentes partes del

árbol o del terreno, de cómo es su patrón de cortejo, entre otras cosas. Esto significa que el nicho es descripto en términos de la actividad en la vida del pájaro. Esto no es una simple comodidad, sino un reconocimiento implícito de que los nichos son definidos *en la práctica* por los organismos durante el proceso de su actividad. Pero aquí hay una contradicción. Si el metabolismo, la anatomía y el comportamiento de un organismo definen su nicho, como puede un nicho existir antes de la especie, de manera que la especie pueda evolucionar en él. Esta contradicción no se resuelve en la teoría clásica darwiniana de la adaptación, la cual depende absolutamente en la preexistencia del problema a la solución.

A veces, una débil demanda hace que haya una organización preferida del mundo externo, pero no sabemos cómo encontrarla, a pesar de que los organismos lo hacen durante su evolución. Una vez más, se ofrece como evidencia, la convergencia de formas no relacionadas. La fauna marsupial de Australia tiene una cantidad de formas que se parece mucho a los mamíferos placentarios, a pesar de que su evolución fue totalmente independiente. Hay marsupiales "lobos", "topos", "conejos", "osos" y "ratas", y a veces, el parecido superficial con los mamíferos placentarios es sorprendente, como en el caso de "ratas" y "lobos". Por otro lado, no hay ballenas, murciélagos y ungulados marsupiales, por lo que podemos pensar que los nichos no están llenos. Sin embargo, si consideramos que los nichos no existen independientemente del organismo, debemos encontrar alguna otra explicación para la convergencia.

La dificultad factual, que presenta la formulación de la evolución como un proceso de adaptación a un problema preexistente, es que el organismo y el ambiente no están determinados separadamente. El ambiente no es una estructura impuesta a los seres vivos desde afuera, sino que resulta de la creación de estos organismos. El ambiente no es un proceso autónomo sino un reflejo de la biología de las especies. Así como no hay organismo sin un ambiente, no hay ambiente sin un organismo. La construcción del ambiente por

las especies tiene un número de aspectos bien conocidos que necesitan ser incorporados a la teoría evolutiva.

Los organismos determinan lo que es relevante. La corteza de los árboles es parte del ambiente del pájaro carpintero, pero las piedras en la base del árbol, aunque están físicamente presentes, no lo son. En cambio, los zorzales que rompen las valvas de los caracoles, incluyen a las piedras en su ambiente, pero excluyen a los árboles. Si romper las valvas de los caracoles es un problema para el cual el uso de las piedras es una solución, es porque los zorzales evolucionaron como pájaros comedores de caracoles, mientras que los pájaros carpinteros no lo hicieron. Romper las valvas de los caracoles es un problema creado por los zorzales, no un problema trascendental que existía antes de la evolución de los túrdidos.

Los organismos, no solo determinan su propio alimento, sino que producen su propio clima. Veamos algunos ejemplos. Es bien conocido en bioclimatología que la temperatura y la humedad a pocos centímetros de una superficie es diferente según se trate del suelo o de la parte alta de la canopia de un bosque. En realidad, incluso, el microclima es diferente en la parte superior o inferior de una hoja. Cuál de estos climas constituirá el ambiente de un insecto del que va a depender su hábitat, es una cuestión que, a groso modo, está codificado en los genes del organismo. Todos los organismos terrestres están cubiertos por una capa límite de aire tibio creado por el metabolismo del mismo organismo. Los ectoparásitos pequeños viven en esa capa límite, aislados en esa temperatura y humedad que existe en unos pocos milímetros de la superficie de su hospedador. Si el ectoparásito evoluciona para ser más grande, va a sobresalir de la cálida y húmeda capa límite hacia la fría estratosfera, creando un ambiente totalmente nuevo para él mismo. En el caso de los leones, son sus genes que hacen que la sabana sea parte de su ambiente, así como los genes de los leones marinos hacen del océano parte de su ambiente. Tanto los leones terrestres como los leones marinos tienen en común un ancestro carnívoro. ¿En qué

momento la natación, la captura de peces, la conservación de aire en los pulmones se transformó en un problema para el carnívoro terrestre y entonces evolucionaron los leones marinos?

Los organismos alteran el mundo externo a medida que interactúan con él. Los organismos son, tanto los consumidores como los productores de los recursos necesarios para la continuidad de su propia existencia. Por ejemplo, las raíces de las plantas alteran la estructura física y la composición química del suelo en el que crecen, extrayendo nutrientes, pero también acondicionando el suelo para que estos se movilicen más fácilmente. El pastoreo de los animales, en realidad, incrementa la tasa de producción del forraje, tanto fertilizando el suelo con sus desechos como estimulando el crecimiento de las plantas con el ramoneo. Los organismos también influyen en la composición de las especies de la comunidad de plantas de las que dependen. Los árboles de pino blanco en Nueva Inglaterra producen una sombra tan densa que sus propias plántulas no pueden crecer bajo ellos, de esa manera logran producir maderas duras. Es la destrucción del hábitat, por parte una especie, lo que produce la sucesión ecológica. Por otro lado, los organismos deben hacer un ambiente más hospitalario para ellos mismos, como cuando los castores crean estanques talando árboles y construyendo represas. En efecto, una parte significativa del paisaje del noreste de Estados Unidos fue creado por los castores.

El cambio del ambiente más potente, hecho por los organismos, es la composición de la atmósfera. La atmósfera terrestre, formada por 80% de nitrógeno, 18 % de oxígeno y una traza de dióxido de carbono, es químicamente inestable. Si se permitiera que llegara al equilibrio, el oxígeno y el nitrógeno podrían desaparecer y la atmósfera sería casi toda de dióxido de carbono, como en el caso de Marte o Venus. Son los seres vivos los que producen el oxígeno por fotosíntesis y reducen el dióxido de carbono fijándolo en la forma de carbonatos en la roca sedimentaria. Las especies terrestres actuales están bajo una fuerte presión de selección por vivir

en una atmósfera rica en oxígeno y pobre en dióxido de carbono, pero ese problema metabólico fue planteado por la actividad de las formas vivientes por sí mismas, durante dos mil millones de años de evolución, y es bastante diferente del problema enfrentado por las primeras células metabólicas.

Los organismos transducen las señales físicas que les llegan del mundo externo. Las fluctuaciones de temperatura que llegan a los órganos internos de los mamíferos lo hacen como señales químicas y no como señales térmicas. En los mamíferos, los sistemas que participan de la regulación, alteran la concentración de azúcar y de varias hormonas en la sangre, en respuesta a los cambios de temperatura. Las hormigas que forrajean sólo en la sombra detectan los cambios de temperatura sólo momentáneamente, pero en períodos largos pueden experimentar el sol como indicador de hambre. Cuando un mamífero ve u oye una serpiente de cascabel, la energía del fotón y la energía vibratoria que caen en sus ojos y oídos, respectivamente, son transformadas de inmediato por el sistema neurosecretor en señales químicas de miedo. Por otro lado, las otras serpientes de cascabel reaccionarán de manera muy diferente. Es la biología de cada especie la que determina que transformaciones físicas ocurrirán cuando las señales físicas incidan sobre el organismo, incluso si esas señales son percibidas o no. Las abejas pueden ver la luz en el rango ultravioleta y los mamíferos no pueden hacerlo. Para las abejas, la luz ultravioleta las dirige a la fuente de comida, mientras que a nosotros nos puede producir cáncer de piel. Uno de los aspectos más sorprendentes de la evolución, es la forma en la cual el significado de las señales físicas ha sido completamente alterado en el origen de nuevas especies.

Los organismos transforman el patrón estadístico de las variaciones ambientales en el mundo externo. Tanto la amplitud como la frecuencia de las fluctuaciones externas son transformadas por procesos biológicos en el organismo. Las fluctuaciones son amortiguadas por varios dispositivos de almacenamiento que se promedian en

el espacio y el tiempo. Un animal con un amplio rango de distribución promedia la disponibilidad de alimento en parches espacialmente más pequeños. Los depósitos de grasa o carbohidratos promedian la disponibilidad fluctuante de los recursos en el tiempo. Las semillas almacenan la energía solar durante la estación de crecimiento en función de proveer energía a las plántulas, que al principio no pueden realizar fotosíntesis. Los animales en cambio almacenan las semillas y así capturan los mecanismos de depósito de la planta, mientras que convierten el ciclo de almacenamiento en su propio ritmo biológico. Los seres humanos han incorporado una tercera forma de amortiguación mediante la participación de una producción planificada que responde a las fluctuaciones de la demanda.

En sentido contrario, los organismos pueden magnificar pequeñas fluctuaciones, como cuando los pájaros utilizan pequeños cambios en la abundancia de un tipo de alimento como una señal para cambiar sus imágenes de búsqueda a otro tipo. Las plantas florecen cuando se acumula una cantidad suficiente de días-grado por encima de un valor crítico de temperatura, independientemente del detalle día a día de las fluctuaciones de temperatura. Por otro lado, *Cladocera* cambia de reproducción asexual a sexual en respuesta a un rápido cambio de temperatura, disponibilidad de alimento y concentración de oxígeno independientemente del nivel real en sí mismo. La agudeza visual de un animal depende de la tasa de cambio de la intensidad de la luz en los bordes del objeto, más que en la intensidad total en sí misma. Incluso, la frecuencia de la oscilación externa se puede convertir en un ciclo con una frecuencia diferente. Cada 13 a 17 años se produce un brote de cigarras, es decir luego de cumplirse 13 a 17 ciclos sucesivos los organismos emergen del suelo cuando se produce una determinada temperatura. Entonces, de alguna manera estos insectos son capaces de contar números primos.

La relación organismo-ambiente define los "rasgos" seleccionados. Supongamos, por ejemplo, que un lagarto vive en un clima estable, en el cual la comida es abundante, pero que para capturar la presa debe acecharla y abalanzarse sobre ella. Como el lagarto debe gastar energía llevando su propio peso mientras caza (teniendo en cuenta que la efectividad en la captura de la presa debe depender del tamaño) el abanico de tamaños debe ser una fuerza selectiva principal, que actúa sobre el tamaño del lagarto. Mientras que la distribución espacial de la presa debe determinar las preferencias del lagarto de ciertos lugares sobre otros. El tamaño y la preferencia juntos forman una característica "efectividad de predación". Ahora, si el clima se vuelve caluroso, el lagarto enfrenta un problema fisiológico, el peligro del sobrecalentamiento. Como la proporción de calentamiento es afectada por el color de la piel y la relación superficie-volumen, el tamaño del cuerpo y el color están ahora conectadas como parte de una característica fisiológica que podemos denominar "tolerancia al calor". Los genes que afectan el color y el tamaño mostrarán interacción epistática en sus efectos sobre dicha característica. Incluso puede ocurrir que los productos bioquímicos que intervienen en esa actividad genética nunca se encuentren o que la temperatura no afecte la tasa de crecimiento. En el proceso de selección, el rango de cambios en el tamaño/color va a depender de las variantes genéticas disponibles para dichas características, de las otras fuerzas de selección operando en cada una de ellas y de la intensidad o frecuencia de estrés térmico. A su vez, este último factor depende de la exposición en el lugar donde el lagarto pasa su tiempo. Su preferencia por ciertos lugares se convierte en parte de su tolerancia ecológica al calor, que incluye la tolerancia fisiológica y la exposición. Entonces ahora la preferencia del lugar que podrá evolucionar en relación a la selección del hábitat de la presa, y el tamaño, relacionado con el tamaño de la presa, se conectan todos juntos con el color en la "tolerancia al calor" y continúan conectados en el rasgo "efectividad de predación".

Supongamos que un predador entra en escena. El lagarto debe eludirlo camuflándose o cambiando sus guaridas. Ahora el color y el sitio seleccionado se conectan como parte de la característica "escape del predador", mientras que aún forman parte de "tolerancia térmica". Además un cambio en el lugar en el cual el lagarto pasa su tiempo, puede tanto intensificar o disminuir la selección para la tolerancia térmica, además cambiando el color del sustrato donde se encuentra altera el significado del camuflaje, y en consecuencia, su efectividad en la tolerancia térmica. Imaginemos que se presenta una segunda especie de lagarto, que se alimenta de la misma variedad de insectos: puede provocar que el tamaño, ubicación, posibilidad de tolerancia térmica, se vuelvan parte de un nuevo rasgo "habilidad competitiva".

Por lo tanto, bajo condiciones naturales, los aspectos del fenotipo están constantemente interactuando juntos y separándose para crear o destruir "características" que serán luego seleccionadas. El lado opuesto al de los organismos construyendo su ambiente, es el del ambiente construyendo las características por medio de cuales los organismos resuelven problemas que les plantea el ambiente que ellos mismos crean.

Por supuesto, bajo condiciones de selección artificial el selector define la característica. Cualquier combinación arbitraria de medición puede ser definida como una característica. Si el precio de la soja es favorable, el peso seco de la soja puede ser definido como "rendimiento" y transformarse en una característica de selección. Ante un cambio en el mercado, el "rendimiento" puede cambiar de significado y pasar a ser aceite por hectárea. O un experimento puede definir que algunas ratas de laboratorio cuando son recogidas por sus colas muerden al técnico. El experimento puede definir la frecuencia de mordidas al técnico como "agresividad" e informar que ha sido seleccionado para medir el incremento o disminución de la "agresividad" en las ratas, aunque el motivo es que las ratas con mayor sensibilidad en la cola muerden más.

Por lo tanto, cuando hablamos de las características de los organismos ajustados a sus ambientes, tenemos que recordar que ni las características ni el ambiente existen independientemente. Nada ilustra mejor el error del modelo problema-solución que el ejemplo del aparentemente proceso lineal de las pezuñas del caballo, planteado por Lorenz:

"El aparato nervioso central no prescribe las leyes de la naturaleza, como el casco del caballo no prescribe la forma del suelo. (...) Pero exactamente como le ocurre al casco del caballo, que está adaptado al suelo de la estepa con el cual está en contacto, de manera análoga nuestro aparato nervioso central que organiza nuestra imagen del mundo, está adaptado al mundo real con el cual el hombre tiene que habérselas. (...) El casco del caballo ya está adaptado al suelo de la estepa antes que el caballo nazca y la aleta del pez está adaptada al agua antes que el pez eclosione. Ninguna persona sensata cree que en alguno de estos casos la forma del órgano 'prescribe' sus propiedades al sujeto."[4]

En efecto, hay un mundo de real allí afuera, pero Lorenz comete el mismo error que Ruskin, quien cree en el "ojo inocente". Existe un largo camino desde "las leyes de la naturaleza" a la pezuña de los caballos. Los conejos, canguros, serpientes y saltamontes atraviesan el mismo terreno que el caballo y no tienen pezuñas. Estas estructuras no vienen de la naturaleza del terreno, sino de un animal de cierto tamaño con cuatro patas que corre y no salta sobre el terreno a cierta velocidad y por un cierto período de tiempo. El pequeño ancestro grácil del caballo tenía dedos y uñas y no pezuñas, sin embargo andaba muy bien. Asimismo, nuestro sistema nervioso central no está ajustado a algunas leyes absolutas de la naturaleza, sino a leyes de la naturaleza operando dentro de un marco creado por nuestra propia actividad sensorial. Nuestro sistema nervioso

[4] Lorenz K. "Kant's doctrine of the *a priori* in the light of contemporary biology", in *General System*, nº 7, 1962, p. 23-35.

no nos permite a nosotros ver la radiación ultravioleta de las flores, pero el sistema nervioso central de las abejas sí lo permite. Y los murciélagos "ven" lo que lo halcones nocturnos no pueden ver. No debemos promover nuestra comprensión de la evolución recurriendo a las "leyes de la naturaleza" que dirigen a todos los seres vivos. Sino que debemos preguntar cómo, dentro de las limitaciones generales de las leyes de la naturaleza, los organismos han construido ambientes que son condiciones para la promoción de su evolución y la reconstrucción de la naturaleza en un nuevo ambiente.

Es difícil pensar en una fuerza física o en leyes físicas universales que representen un problema fijado para el cual todos los organismos deben encontrar una solución directa. Pensamos la gravedad como universal, pero como es una fuerza tan débil, no se aplica en la práctica a organismos muy pequeños suspendidos en un medio líquido. Por ejemplo, las bacterias están fuera de la influencia de la gravedad como consecuencia de su tamaño, que es, a su vez, una consecuencia de sus genes. Por otro lado, estos organismos son sujeto de otras fuerzas físicas universales, como el movimiento browniano de las moléculas, del cual nosotros estamos protegidos por nuestro gran tamaño, una vez más como resultado de la evolución. La propiedad más destacada de los seres vivos es que han evitado biológicamente las leyes químicas de la acción de masas y de la alta energía necesaria para iniciar la mayoría de las reacciones químicas. Ambos factores fueron superados por la estructura. La estructura propia de los genes y la manera en que se mantienen juntos en una enorme estructura macromolecular, hace posible la replicación y la síntesis de proteínas, aunque haya una sola molécula simple de cada gen en cada célula. La estructura de las enzimas, en cambio, hace que sea posible llevar a cabo a temperatura ambiente reacciones químicas que de otro modo requerirían gran cantidad de calor.

Es imposible evadir la conclusión de que los organismos construyen cada aspecto de su ambiente. No son objetos pasivos de fuerzas externas sino que son los creadores y moduladores de esas

fuerzas. Por lo tanto, la metáfora de la adaptación debe ser reemplazada por una de construcción. Una metáfora que tenga implicaciones para la forma de la teoría evolutiva. Con la visión de que el organismo es un objeto pasivo de las fuerzas autónomas, los cambios evolutivos pueden ser representados como dos sistemas de ecuaciones diferenciales simultáneas. La primera describe la forma en que el organismo O evoluciona en respuesta al ambiente E, tomando en cuenta que diferentes especies responden al ambiente de diferentes maneras:

$$\frac{dO}{dt} = f(O, E)$$

La segunda es la ley de cambio autónomo del ambiente solo en función de variables ambientales:

$$\frac{dE}{dt} = g(E)$$

Una visión constructivista que rompa con la alienación entre objeto-organismo y sujeto-ambiente debe ser escrita como un par de ecuaciones diferenciales acopladas, en las cuales haya una coevolución del par organismo-ambiente:

$$\frac{dO}{dt} = f(O, E) \quad \text{y}$$

$$\frac{dE}{dt} = g(O, E)$$

Ya existe una descripción similar para este sistema coevolutivo en la teoría de la coevolución de predador-presa y hospedador-parásito. La presa es el ambiente del predador y el predador el ambiente para la presa. Las ecuaciones diferenciales acopladas que describen su coevolución no son fáciles de resolver, pero representan la estructura mínima de una teoría correcta de la evolución de

ese sistema. No solo son difíciles de resolver, sino que poseen una complicación conceptual, porque ya no hay una separación clara entre causa (el ambiente) y efecto (el organismo). Hay un proceso continuo en el cual un organismo evoluciona para resolver un problema instantáneo que se estableció por el organismo mismo, y en cambios evolutivos ligeros del problema. Para entender la evolución del león marino a partir de un ancestro primitivo carnívoro, debemos suponer que al principio el agua fue solo un hábitat marginal, poniendo solo demandas marginales sobre los animales. Una leve evolución del animal para conocer estas demandas hizo al ambiente acuático una parte más significativa del gasto energético del proto-león marino, por lo que un cambio en las fuerzas selectivas opera instantáneamente en la forma de sus extremidades. Cada cambio en el animal hace al ambiente más acuático, y cada cambio inducido en el ambiente lleva a más evolución del animal.

La incorporación del organismo como un sujeto activo de su propia ontogenia y en la construcción de su propio ambiente lleva a una compleja relación dialéctica de los elementos de la tríada gen, ambiente y organismo. Hemos visto que el organismo ingresa de manera directa y activa por ser una influencia de su propia futura ontogenia. También, ingresa por una segunda vía indirecta a través del ambiente en su propia ontogenia. El organismo es, en parte, hecho por la interacción de los genes y el ambiente, pero el organismo hace a su ambiente y entonces participa en su propia construcción. Finalmente, el organismo, a medida que se desarrolla construye un ambiente que es condición para su supervivencia y reproducción, estableciendo las condiciones de la selección natural. Entonces el organismo influye sobre su propia evolución, siendo tanto el objeto de la selección natural como el creador de las condiciones de esa selección. La separación de la ontogenia y la filogenia, hecha por Darwin, fue un paso absolutamente necesario para liberarse del modelo evolutivo transformacionista de Lamarck. Solo alienando el organismo al ambiente y separando rigurosamente la

ontogenia, como fuente de variación entre los organismos, de las fuerzas filogenéticas de la selección natural es que Darwin pudo poner la biología evolutiva en el camino correcto. De la misma manera, Newton, tuvo que separar las fuerzas que actúan sobre los cuerpos de las propiedades de los cuerpos en sí mismos: su masa y su composición. Sin embargo, la masa y la energía tienen que ser reintegradas para resolver las contradicciones de la visión estricta newtoniana y hacer posible, para la alquimia moderna, la transformación de un elemento en otro. De manera similar, el darwinismo no puede completarse a menos que el organismo sea reintegrado con las fuerzas internas y externas, en la cual es tanto el sujeto como el objeto de la evolución.

Parte II

Sobre el análisis

Capítulo IV

El análisis de varianza y el análisis de causas

Dos artículos escritos por Newton Morton y sus colegas proveen una detallada crítica analítica de varias estimaciones de heredabilidad y componentes de varianza para fenotipos humanos.[1] Hacen unas observaciones especialmente reveladoras respecto de los problemas de partición de varianzas y covarianzas entre grupos tales como las clases sociales y las razas. El punto más importante, al menos desde el punto de vista de las aplicaciones prácticas, políticas y sociales de la genética poblacional humana, aparece en la conclusión del primer artículo, en el que Morton señala explícitamente la principal falacia programática cometida por aquellos que arguyen tan fuertemente a favor de la importancia de las medidas de heredabilidad para los rasgos humanos. La falacia es considerar que un conocimiento de la heredabilidad de algunos rasgos en una población, provee un índice de la eficacia de una intervención ambiental o clínica para alterar tal rasgo, ya sea en individuos o en la población total. Esta falacia, inclusive a veces diseminada por genetistas, que deberían entender su falsedad, surge de la confusión

[1]Rao, D. C., N. E. Morton and S. Yee: "Analysis of family resemblance. II. A linear model for familiar correlation", en *American Journal of Human Genetics*, nº 26, 1974, p. 331-359.

entre el término técnico de heredabilidad y su significado coloquial. Un rasgo puede tener una heredabilidad de 1,0 en una población en cierto momento, pero esto podría ser completamente alterado en el futuro por un simple cambio ambiental. Si esto no fuera así, los "errores metabólicos congénitos" serían siempre incurables, lo que es evidentemente falso. Pero la equivocación sobre la relación entre heredabilidad y plasticidad fenotípica no es simplemente el resultado de una ignorancia de la genética por parte de los psicólogos e ingenieros electrónicos. Surge de todo el sistema de análisis causal por medio de modelos lineales, representado en el análisis de varianza y covarianza y en el análisis de trayectorias. Es verdaderamente irónico que mientras Morton y sus colegas disputan las erróneas conclusiones programáticas que son sacadas del análisis de variación fenotípica humana, ellos mismos en gran medida basan sus técnicas analíticas en los mismos modelos lineales que son responsables de la confusión.

Vamos a mirar en detalle el problema del análisis causal en la genética humana y tratar de entender cómo el modelo subyacente de este análisis moldea nuestra perspectiva del mundo real. Comenzaremos por algunos comentarios muy obvios y elementales sobre las causas, pero de esta manera llegaremos a algunas conclusiones bastante irritantes.

Discriminación de causas y análisis de causas

Debemos primero separar dos problemas bastante distintos sobre la causalidad discutidos por Morton. Uno es discriminar cuál de las dos causas alternativas y mutualmente excluyentes es el fundamento de algún fenotipo observado. En particular, el *análisis de segregación* tiene el propósito de tratar de distinguir entre aquellos individuos cuya desviación fenotípica para alelos deletéreos se debe a su homocigosis, de aquellos cuya peculiaridad fenotípica surge de la interacción del ambiente con genotipos extraídos de la selección

normal de genes segregados de menor efecto. Este es el viejo problema de distinguir efectos genéticos mayores de efectos "poligénicos". No queremos ocuparnos aquí de si se puede hacer una clara distinción o si el espectro de efectos genéticos y frecuencias genéticas es tal, que no es posible encontrar una clara línea divisoria entre los dos casos. La evidencia actual es ambigua, pero al menos *en principio* puede que sea posible discriminar dos grupos etiológicos, y si tales grupos existen para un desorden humano particular es un problema de investigación empírica. Es posible, aunque no necesario, que la forma de intervención ambiental o clínica requerida para corregir un desorden surgido de la homocigosis para un único alelo recesivo (el clásico "error metabólico congénito") sea diferente de la requerida para una clase "poligénica". Más aún, para los propósitos de asesoramiento genético, el riesgo de que la descendencia sea afectada será diferente dependiendo de si una familia es segregada para ese alelo recesivo o no lo es. Vale la pena, en caso de ser posible, hacer tal discriminación entre dos causas alternativas de un desorden humano.

El segundo problema de la causalidad es bastante distinto. Es el problema del *análisis* en elementos separados de un número de causas que interactúan para producir un resultado único. En particular, es el problema de analizar en componentes separados la interacción del ambiente y el genotipo en la determinación del fenotipo. Aquí, lejos de tratar de discriminar a los individuos en dos grupos etiológicos distintos y mutuamente excluyentes, reconocemos que todos los individuos deben su fenotipo a la actividad bioquímica de sus genes en una única secuencia de ambientes y que los eventos del desarrollo puedan ocurrir subsecuentemente a la acción inicial de los genes. El análisis de causas que interactúan es un concepto fundamentalmente distinto de la discriminación de causas alternativas. Las dificultades en la historia temprana de la genética encarnadas en el pseudo-problema de "naturaleza versus crianza" surgieron precisamente por la confusión entre estos dos

problemas de causalidad. Se suponía que el fenotipo de un individuo podía ser el resultado *del* ambiente o *del* genotipo, mientras que nosotros entendemos al fenotipo como el resultado de *ambos*. Esta confusión ha persistido en la genética moderna con el concepto de la fenocopia, que supuestamente es una desviación fenotípica causada por el medio, en lugar de ser producto de una mutación causada genéticamente. Pero, demás está decir, que tanto la "mutación" como la "fenocopia" resultan de una interacción única entre el gen y el medio. Si estas son etiológicamente separables, no es por una línea que separa la causalidad ambiental de la genética sino por una línea que separa dos tipos de bases genéticas: un gen único con efectos mayores o muchos genes con efectos menores cada uno. Este es el mensaje del trabajo de Waddington y Rendel sobre la canalización.[2]

Análisis cuantitativo de las causas

Si un evento es el resultado de la operación conjunta de un número de cadenas causativas, y si las causas "interactúan" en el sentido más general de la palabra, se vuelve conceptualmente imposible asignar valores cuantitativos a las causas de ese *evento individual*. Sólo podríamos hacer esto si las causas son completamente independientes. Por ejemplo, si dos hombres ponen ladrillos para construir una pared, podríamos medir sus contribuciones contando el número de ladrillos puesto por cada uno, pero si uno prepara la mezcla de cemento y cal y el otro coloca los ladrillos, sería absurdo medir las contribuciones cuantitativas relativas midiendo el volumen de los ladrillos y la mezcla. Es más absurdo todavía medir qué proporción de la estatura de una planta se debe al fertilizador que

---

[2]Waddington, C.: "Genetic assimilation of an acquired character", in *Evolution*, nº 7, 1953, p. 465-529 y Bendel J. M.: "Canalization of the scute phenotype of Drosophila", in *Evolution* nº 13, p. 425-439.

recibió y qué proporción al agua, o atribuir tantos centímetros de la altura de un hombre a sus genes y tantas otras al medio. Pero este absurdo parece frustrar el programa universalmente aceptado de la ciencia cartesiana para analizar el complejo mundo de las apariencias en una articulación de mecanismos causales. En el caso de la genética, esto parece impedir que nos preguntemos sobre la importancia relativa de los genes y el ambiente en la determinación del fenotipo. La solución ofrecida a este dilema, una solución que ha sido aceptada por una variedad de científicos naturales y sociales, ha sido el *análisis de la variación.* Esto significa que si no nos podemos preguntar cuánto de la altura de un individuo es el resultado de sus genes y cuánto el resultado del ambiente, nos preguntaremos qué proporción de la desviación de esta altura del promedio de la población puede ser atribuido a la desviación del ambiente del promedio del -ambiente y cuánto a la desviación de este valor genético del valor genético promedio. Este es el famoso modelo lineal del análisis de la varianza, que puede ser escrito como

$$Y - \mu_Y = (G - \mu_Y) + (E - \mu_Y) + (GE) + e, \quad (1)$$

donde μ_Y es el valor promedio de todos los individuos en la población; Y es el valor del individuo en cuestión; G es el valor promedio de todos los individuos con el mismo genotipo; E es el valor promedio de todos los individuos provenientes del mismo ambiente; GE, la interacción genotipo- ambiente, es la parte de la desviación promedio de individuos que comparten el mismo ambiente y genotipo que no puede ser atribuida a la simple suma de las desviaciones medio-ambientales y de genotipo separadas; y e da cuenta de cualquier desviación individual que no haya ya sido conscientemente tomada en cuenta y asumida como aleatoria sobre todos los individuos (errores de medición, ruidos de desarrollo, etc.).

Hemos escrito este conocido modelo lineal de una manera un poco diferente a la cual se muestra usualmente para enfatizar dos de sus propiedades que son bien conocidas por los estadísticos. En primer lugar, los efectos del ambiente y el genotipo están en unidades de *fenotipo*. No estamos de hecho evaluando cuanta variación existe en el ambiente y el genotipo, sino sólo cuánta perturbación del genotipo ha sido el resultado de la diferencia promedio de los ambiente. El análisis en la ecuación (1) es completamente tautológico, ya que está enteramente enmarcado en términos de fenotipo, y ambos lados de la ecuación deben balancearse por la definición misma de GE y e. Para transformar la expresión (1) en una expresión contingente que relacione valores reales de variables del ambiente, tales como la temperatura, o el valor fenotípico, tendríamos que tomar funciones de la forma:

$$(E - \mu\gamma) = f(T - \mu\tau) \quad (2)$$

y

$$GE = h[(g - \mu g),(T - \mu t)] \quad ,(3)$$

donde g y T son medidas en escalas genéticas y de temperatura en vez de escalas de fenotipo. Es así que el modelo lineal de la ecuación $E - \mu\gamma$ hace imposible saber si la desviación es pequeña porque no hay variaciones en el ambiente actual o porque el genotipo particular es insensible a las desviaciones ambientales, que pueden ser considerables. Desde el punto de vista del análisis tautológico de la ecuación (1), está distinción es irrelevante, pero como veremos, es sumamente relevante para aquellas cuestiones importantes para nuestra ciencia.

En segundo lugar, la ecuación (1) contiene promedios de la población a dos niveles. Un nivel es el fenotipo promedio mayor $\mu\gamma$, y el otro es el grupo de los llamados promedios genotípicos y ambientales marginales, E y G. Estos, debemos recordar, son el *promedio* para un ambiente dado sobre todos los genotipos en la

población y el *promedio* para un genotipo dado sobre todos los ambientes.

Pero dado que el análisis es una función de estos promedios fenotípicos, en general dará un resultado diferente si los promedios son diferentes. Esto significa que el modelo lineal es un *análisis local*. Provee un resultado que depende de la distribución actual de genotipos y ambientes en la población particular de la cual se han tomado muestras. Por lo tanto, el resultado del análisis tiene una limitación histórica (espacio-temporal) y no es un enunciado general acerca de relaciones *funcionales*. Por lo que la varianza genética para el rasgo de una población puede llegar a ser muy pequeña debido a que la relación funcional entre la acción genética y el rasgo es débil para cualquier genotipo concebible, o puede ser pequeña simplemente porque la población es homocigota para esos loci que son de gran importancia funcional para el rasgo. El análisis de variación no puede distinguir entre estas dos alternativas, a pesar que en genética humana es deseable por varios propósitos.

Lo que ocurrió es que intentando resolver el problema del análisis causal usando el análisis de variación, un objeto totalmente distinto ha sustituido al objeto de investigación, casi sin que lo hayamos notado. Este nuevo objeto de estudio, la desviación del valor fenotípico del promedio, no es igual al valor fenotípico mismo, y el análisis tautológico de esa desviación no es lo mismo que el análisis causal. De hecho, el análisis de variación desecha las frutas frescas con las podridas. Es muy específico en la restricción espacio-temporal de sus resultados y al mismo tiempo muy general en confundir diferentes esquemas causativos en el mismo resultado. Sólo en un caso muy especial, al que nos referiremos más abajo, el análisis de variación se corresponde con el análisis causal.

La norma de reacción

El objeto real de estudio, tanto para propósitos programáticos como teoréticos, es la relación entre genotipo, ambiente y fenotipo. Esto es expresado en la *norma de reacción*, que es una tabla de correspondencia entre fenotipo, por un lado, y combinaciones de genotipo y ambiente. La relación entre fenotipo y genotipo y entre fenotipo y ambiente son relaciones de tipo variado, no hay un único fenotipo que se corresponda con un único genotipo y viceversa.

Para clarificar la relación entre estos dos objetos de estudio (la norma de reacción y el análisis de varianza, que analiza algo bastante distinto) consideremos las normas de reacción simplificadas en la figura 4.1 *a*-h. Asumimos que hay una única variable ambiental ordenada *E*, digamos la temperatura, y una escala de medida fenotípica *P.* Cada línea es la norma de reacción, la relación del fenotipo al ambiente, para un genotipo particular hipotético (G_1 o G_2).
La primera observación es que en todos los casos el fenotipo es sensible a diferencias tanto del ambiente como del genotipo. Esto es, cada genotipo reacciona a un ambiente cambiante, y no hay ningún caso en que las reacciones de dos genotipos sean idénticas. Es así que en cualquier sentido usual de la palabra ambos, el genotipo y el ambiente, son *causas* de diferencias fenotípicas y son objetos necesarios de nuestro estudio.

La figura 4.1*a* es en cierto sentido la más general, ya que si el ambiente se extiende uniformemente sobre la gama entera de valores y si dos genotipos son igualmente frecuentes, entonces hay un efecto total de genotipo (G_1 siendo superior en promedio a G_2) y un efecto total del medio (el fenotipo se hace en promedio más pequeño con incrementos de la temperatura). Sin embargo, los genotipos de cruzan, por lo que ninguno es superior para todos los casos.

La figura 4.1*b* muestra un efecto total del ambiente, ya que ambos genotipos tienen pendiente positiva, pero no hay efecto

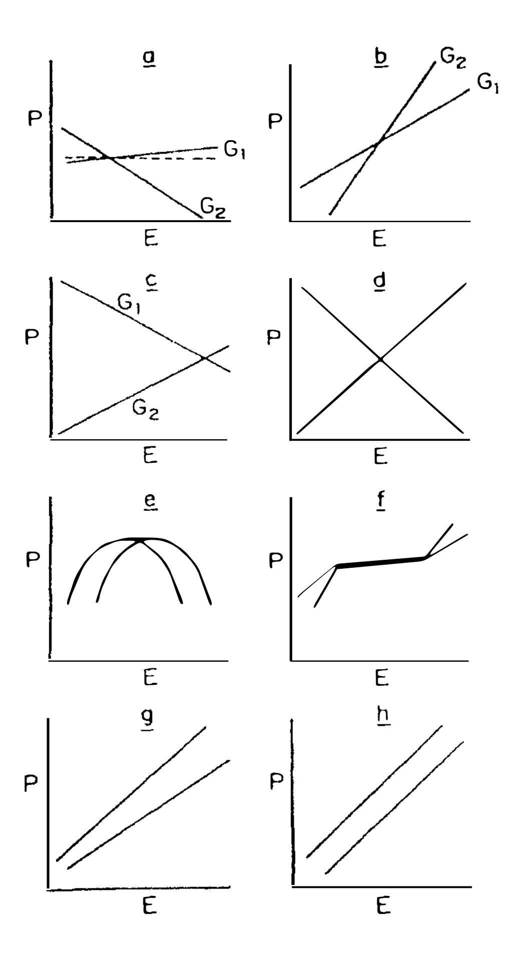


Figura 4.1. Ejemplos de diferentes normas de reacción. En cada caso el fenotipo (*P*) es graficado como una función del ambiente (*E*) para distintos genotipos (G_1, G_2)

total del genotipo, ya que ambos genotipos tendrían exactamente el mismo fenotipo *promedio* si todos los ambientes fueran considerados iguales. No hay forma a priori de jerarquizar los dos genotipos usando la figura 4.1*b*. Sin embargo, si por circunstancias particulares la distribución de ambientes favoreciera fuertemente las bajas temperaturas, entonces G_1 sería consistentemente superior a G_2; un análisis de varianza mostraría un fuerte efecto del genotipo así como del ambiente, pero una muy pequeña interacción del genotipo y el ambiente. Es así que el análisis de varianza reflejaría aquí las circunstancias ambientales particular y daría una imagen completamente incorrecta de la relación general entre la causa y el efecto, donde no hay efecto total de genotipo pero una fuerte interacción de genotipo y ambiente.

La figura 4.1*c* es el caso complementario al de la figura 4.1*b*. En la figura 4.1*c* no hay un efecto total del medio, pero G_1 es en general claramente superior a G_2 En este caso, sin embargo, aparecerá un fuerte componente de varianza ambiental si uno de los dos genotipos predomina en la población. De manera tal que los eventos históricos que amolden la distribución genotípica de una población tendrán un efecto en la evaluación, desde el análisis de varianzas, de la importancia del ambiente.

Ambas, la falta general de efecto genético en la figura 4.1*b* y de efecto ambiental en la figura 4.1*c* pueden aparecer en un rasgo como aquel mostrado en la figura 4.1*a*, que en general cuenta con ambos efectos si la distribución de ambientes o genotipos es asimétrica. Es así que si los ambientes están distribuidos alrededor del centro en la figura 4.1*a*, *parecerá* que no hay efecto promedio de genotipo, mientras que si la población es apropiadamente ponderada hacia un exceso de G_1, el promedio de fenotipo a través de los ambientes será constante, como es mostrado por la línea discontinua. En este caso los efectos generales reales son oscurecidos por eventos espacio-temporales, y el análisis de varianza falla en revelar diferencias generales significativas.

Estas últimas consideraciones nos llevan a dos puntos extremadamente importantes acerca del análisis de varianza. Primero, aunque la ecuación (1) parece aislar distintas causas de variación en elementos separados, en realidad no lo hace porque la cantidad de varianza *ambiental* que aparece depende de la distribución *genotípica*, mientras que la cantidad de varianza *genética* depende de la distribución ambiental. Por lo que la apariencia de la separación de las causas es una pura ilusión. En segundo lugar, como el modelo lineal aparece como una suma de variación proveniente de distintas causas, a veces se supone erróneamente que removiendo una de las fuentes de variación esto reducirá la varianza total. De manera tal que el significado de la varianza genética es a veces dado como "la cantidad de variación que quedaría si el ambiente se mantuviera constante", una explicación errónea ofrecida, por ejemplo, por Jensen.[3] Supongamos que las normas de reacción fueran como se muestra en la figura 4.1*a* y una distribución unimodal de ambientes estuviera centrada alrededor de la mitad, con una mezcla aproximadamente igual de los dos genotipos. Supongamos ahora que hemos fijado el ambiente. ¿Qué le ocurrirá a la varianza total? Eso depende del ambiente que estemos fijando. Si seleccionamos un ambiente dentro del margen de una varianza estándar (1 SD) o más a la derecha del promedio, habría de hecho un *incremento* de la varianza total, porque la diferencia entre genotipos es mucho más grande en ese ambiente que en el promedio sobre la distribución original. A la inversa, supongamos que fijamos el genotipo. Si escogemos a G_2 como nuestra cepa pura, entonces, nuevamente, *incrementaríamos* la varianza total porque habríamos escogido el genotipo más ambientalmente flexible. El absurdo aparente de que al remover una fuente de varianza incrementa la varianza total es una consecuencia del hecho de que el modelo lineal no efectúa

[3]Jensen A. R.: "¿How much can we boost IQ and scholastic achievement?", in *Harvard Educational Review* 39:1-123

realmente una separación de las causas de variación y de que es una descripción puramente local sin fiabilidad predictiva. Sin conocer cuáles son las normas de reacción, la distribución de ambientes, y la distribución de genotipos, y sin además especificar qué ambientes y qué genotipos deben de ser eliminados o fijados, es imposible predecir si la variación total crecerá, decrecerá, o permanecerá inalterada por cambios ambientales o genéticos.

En la figura 4.1*d* no hay efecto general de genotipo o de ambiente, pero ambos pueden obviamente aparecer en una población particular en una gama ambiental particular, como hemos discutido más arriba.

El caso mostrado en la figura 4.1*e* se seleccionó, para ilustrar una situación común de actividad enzimática, una relación parabólica entre fenotipo y ambiente. Aquí los genotipos son desplazados horizontalmente (tienen diferentes óptimos de temperatura). Ninguno de los genotipos son superiores en general, ni tampoco hay una tendencia monótona general ambiental para ninguno de los genotipos. Pero para cualquier distribución de ambientes, excepto por una perfectamente simétrica, aparecerá un componente de varianza para cada efecto genotípico. Es más, si la distribución de temperatura es favorable a cualquier costado del punto de cruce entre estos dos genotipos, habrá muy grandes componentes de varianza tanto para genotipo como ambiente y un muy pequeño componente de interacción. ¡Aunque sea exactamente lo opuesto sobre la gama total de medios ambientales!

La figura 4.1*e* también muestra un segundo fenómeno importante, el de sensibilidad fenotípica diferencial en gamas ambientales diferentes. En temperaturas intermedias hay menos diferencia entre genotipos y menos diferencia entre el efecto ambiental que en temperaturas más extremas. Este fenómeno, la canalización, es más visualizado en la figura 4.1*f*. Sobre una gama de fenotipos intermedios el efecto de cualquiera de los genotipos o el medio es pequeño, mientras que fuera de esta

zona de canalización, el fenotipo es sensible a ambos.[4] La zona de canalización corresponde a la gama de ambientes que han sido históricamente los más comunes en la especie, pero en nuevos ambientes aparece una varianza mucho mayor. La figura 4.1*f*, sostenida directamente sobre la característica del análisis de varianza, muestra que todos los efectos son medidos en unidades fenotípicas. Las transformaciones, en las ecuaciones (2) y (3), que expresan la relación entre las desviaciones fenotípicas atribuibles al genotipo o al ambiente y los valores reales de los genotipos o las variables ambientales no son simples proporcionalidades lineales. La susceptibilidad del fenotipo tanto al genotipo como al medio es una función de la gama particular de ambientes y genotipos. Para los propósitos programáticos de la genética humana, se necesita saber más que los componentes de variación en la gama histórica de medios ambientales.

Las figuras 4.1*a-f* tienen el propósito de ilustrar cómo el análisis de varianzas dará una imagen completamente errónea de las relaciones causativas entre genotipo, ambiente y fenotipo, porque la distribución particular de genotipos y ambientes en un población dada en un momento particular selecciona relaciones de la matriz de normas de reacción que son necesariamente atípicas del espectro entero de relaciones causativas. Por supuesto, se podría objetar que ninguna muestra de la naturaleza jamás podrá dar exactamente el mismo resultado que el examinar el universo completo. Pero tal objeción no comprende el punto de la cuestión. En procedimientos normales de muestreo, tomamos la precaución de obtener muestras representativas o imparciales del universo que nos interesa y de usar estimaciones de muestras imparciales de los parámetros que estamos considerando. Pero aquí no hay una cuestión de muestreo, y la relación de las muestras en relación al universo en procedimientos estadísticos no es la misma que la relación de variación en

[4]Rendel J. M. op. cit.

poblaciones definidas espacio-temporalmente con la variación funcional y causal resumida en la norma de reacción. Los tamaños relativos de los componentes genotípicos y ambientales de varianza estimados en cualquier población natural reflejan de manera compleja cuatro relaciones de fondo: (1) las relaciones funcionales reales representadas en la norma de reacción; (2) la distribución real de frecuencias genotípicas (producto de largas fuerzas históricas como la selección natural, la mutación, migración y la estructura reproductiva) que cambia a lo largo de períodos mucho más largos que los de una generación; (3) la estructura real de los ambientes en los que una población se encuentra, una estructura que puede cambiar verdaderamente rápido, especialmente para poblaciones humanas; y (4) cualquier diferencia entre genotipos que pueda causar una distribución parcial de genotipos entre los ambientes. Estas diferencias pueden ser de comportamiento (por ejemplo, un genotipo sensible al calor puede buscar hábitats más fríos), o pueden resultar de otros individuos usando el genotipo como un indicador para un tratamiento diferencial, ya que tal tratamiento es parte del ambiente. Una senda causal puede ir, del metabolismo del triptófano, a la deposición de melanina, del color de la piel a la discriminación de un empleo de menor ingreso, pero la ecuación (1) simplemente indicaría heredabilidad para el "éxito económico". Los efectos de las fuerzas históricas y del ambiente inmediato están atados de manera intricada al análisis de varianza, que de esta manera no es una herramienta para la elucidación de relaciones biológicas funcionales.

Efectos de aditividad

Hay una circunstancia en la que el análisis de varianza puede estimar relaciones funcionales. Esto es ilustrado en la figura 4.1*h* y de manera aproximada en la 4.1*g*. En estos casos hay una perfecta o casi perfecta aditividad entre efectos genotípicos y ambientales,

tal que las diferencias entre genotipos son las mismas en todos los ambientes y las diferencias entre ambientes son las mismas para todos los genotipos. Por lo que las circunstancias históricas e inmediatas que alteran las distribuciones genotípicas y ambientales son irrelevantes. No es inesperado que el supuesto de aditividad se haga con frecuencia, ya que este supuesto es necesario para hacer que el análisis de varianza sea algo más que una descripción local.

El supuesto de aditividad es importado a los análisis a través de cuatro vías. Primero, se piensa que en ausencia de cualquier evidencia, la aditividad es a priori la más simple de las hipótesis, y los modelos aditivos son prescriptos por la navaja de Occam. El argumento proviene de una visión general cartesiana en la cual los objetos pueden dividirse en partes sin perder ninguna información esencial, y que en cualquier interacción compleja de causas, los efectos principales casi siempre explicarán la mayor parte de nuestras observaciones, mientras que las interacciones tenderán a ser de un orden de importancia menor. Pero esto es un puro prejuicio a priori. En etapas tempranas de la evolución de los sistemas dinámicos mostrarán efectos principales de las fuerzas que actúan para conducirlos, pero a medida que se acercan al equilibrio los efectos principales desaparecen y las interacciones predominan. Esto es lo que sucede con la varianza genética aditiva bajo la selección. No está claro exactamente cómo estas consideraciones se aplican al ambiente y el genotipo.

En segundo lugar, se sugiere que la aditividad es una primera aproximación a una situación compleja, y que los resultados obtenidos con un esquema aditivo son por lo tanto una primera aproximación a la verdad. Este argumento es hecho en analogía con la expansión de funciones matemáticas a través de series de Taylor. Pero este argumento es contraproducente ya que la justificación para expandir un sistema complejo en una serie de potencias y considerar sólo los términos de primer orden es precisamente que uno está interesado en el comportamiento del sistema cerca del punto

de expansión. Tal análisis es solamente un análisis local, y el análisis de varianza es sólo un análisis en el vecindario del promedio de la población. Al justificar la aditividad con este argumento, toda la cuestión de la aplicación global del resultado es esquivada.

En tercer lugar, se argumenta que si el análisis de varianza se lleva a cabo y la interacción genotipo-ambiente resulta ser pequeña, el supuesto de aditividad está justificado. Como en el segundo argumento, aquí hay algo de circularidad. Como la discusión de la sección previa mostró, el resultado usual de un análisis de varianza en una población particular en una gama restringida de ambientes subestima severamente una cantidad de interacciones entre los factores que ocurren en relación a la totalidad.

Finalmente, puede asumirse la aditividad o casi aditividad sin ofrecer justificación alguna, porque satisface un fin predeterminado. Tal es la fuente de la figura 4.1*g*. Es la norma de reacción hipotética para coeficiente intelectual (IQ) tomada de Jensen.[5] Se propone mostrar la relación entre "riqueza" ambiental y el coeficiente intelectual para diferentes genotipos. A pesar que no hay un ápice de evidencia para respaldar esa imagen, tiene las propiedades convenientes de que los genotipos superiores e inferiores en un ambiente mantienen la misma relación en todos los ambientes, y cuando el ambiente es "enriquecido," la varianza genética (y por lo tanto la heredabilidad) aumenta. Esto tiene el propósito de encargarse de aquellos tontos igualitarios que piensan que gastar dinero y energía en escuelas limará las desigualdades sociales.

Es muy difícil de encontrar evidencia respecto de normas de reacción reales. En los humanos son imposibles las medidas de normas de reacción para rasgos complejos porque el mismo genotipo no puede ser puesto a prueba en una variedad de ambientes. Incluso en animales y plantas experimentales donde los genotipos pueden ser replicados por endogamia o clonación, hay muy poco

---

[5]Jensen, op. cit.

trabajo hecho para caracterizar estas normas para los genotipos que ocurren en poblaciones naturales y para rasgos relevantes para las especies. El trabajo clásico de Clausen, Keck, y Heisey sobre ecotipos de plantas muestra una muy considerable falta de aditividad de los tipos ilustrados en las figuras 4.1*a-d.*[6]

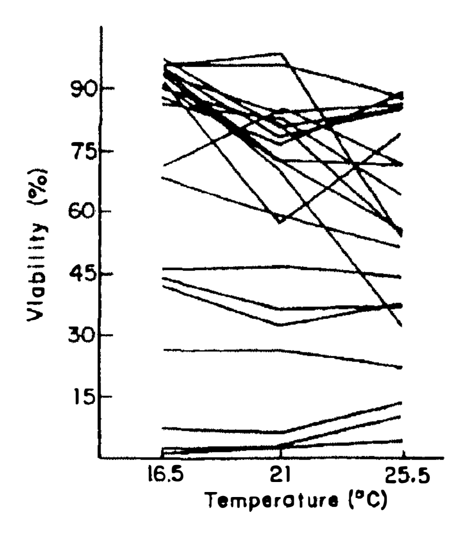


Figura 4.2. Normas de reacción actuales para viabilidad de homocigotas de cuarto cromosoma de *Drosophila pseudoobscura*. Datos de Dobzhansky y Spassky (1944).

Como ejemplo de trabajos realizados en animales, la figura 4.2 fue tomada de los datos de Dobzhansky y Spassky sobre viabilidad

[6]Clausen J., Keck D., y Heisey, W. M.: *Experimental studies on the nature of species. I. Effects of varied environments on western North American plant,* Carnegie Institution of Washington Publications nº 520,

de las larvas de *Drosophila pseudoobscura*.[7] Cada línea es la norma de reacción para viabilidad de las larvas a tres temperaturas distintas para una homocigota de cuatro cromosomas, donde los cromosomas fueron muestreados de una población natural. Como muestra la figura, unos pocos cromosomas son de poca viabilidad de manera uniforme, probablemente correspondiendo a la homocigosis para un único gen deletéreo de gran efecto. Sin embargo, la mayoría de los genotipos se expresan de manera variable, y hay mucha interacción entre el genotipo y el ambiente, con curvas que se cruzan entre ellas y tienen sensibilidades ambientales bastante diferentes.

Propósito de análisis

Así como los objetos de análisis son diferentes cuando analizamos causas y cuando analizamos varianza, los propósitos de estos análisis también son diferentes. El análisis causal en la genética humana tiene el propósito de darnos el conocimiento básico que requerimos para esquemas correctos para la modificación e intervención ambiental. Junto con un conocimiento de las frecuencias relativas de distintos genotipos humanos, un conocimiento de las normas de reacción también puede predecir las consecuencias para la salud demográfica y pública de ciertos cambios ambientales masivos. El análisis de varianza no puede hacer ninguna de estas cosas porque sus resultados son una función de la distribución presente de genotipos y ambientes.

Los propósitos legítimos del análisis de varianza en la genética humana son el predecir la tasa a la cual la selección puede alterar la composición genotípica de poblaciones humanas y reconstruir, en

---

[7]Dobzhansky T. y Spassky B.: "Genetics of natural populations. XI Manifestation of genetic variants in *Drosophila pseudoobscura* in different environments", in *Genetics*, nº 29, p. 270-386.

algunos casos, la historia selectiva pasada de la especie. Ninguno de estos propósitos parece ser un problema apremiante ya que ambos son académicos. Los cambios en la composición genotípica de la especie ocurren tan lentamente, comparados a la tasa extraordinaria de evolución social y cultural humana, que es improbable que la actividad humana y el bienestar dependan de tal cambio genético. La reconstrucción del pasado genético humano, pese a ser fascinante, es un actividad de ocio más que de necesidad. De todas maneras, ambos objetivos requieren no simplemente el análisis de componentes de variación genética y ambiental, sino que requieren absolutamente un análisis más minucioso de la varianza genética en sus componentes aditivos y no aditivos. Un simple análisis de varianza es inútil para estos propósitos, y en realidad no tiene utilidad alguna. Tomando en cuenta la terrible maldad que se ha hecho al confundir el análisis de varianza local espacio-temporal con el análisis global de causas, sugerimos abandonar la interminable búsqueda de mejores métodos para estimar cantidades inútiles. Hay una gran cantidad de problemas reales.

Capítulo V

Isidore Nabi, sobre las tendencias del movimiento

En 1672, fue convocada la Primera Conferencia Internacional sobre las trayectorias de los cuerpos, con el fin de organizar un sistema coordinado para el tratamiento del problema del movimiento. Esto era necesario, por un lado, por la observación generalizada de que los objetos se mueven, y, por el otro, por la cantidad de afirmaciones extravagantes realizadas sobre la base de la extrapolación abstracta del movimiento de una sola manzana. Además, fueron consideradas las aplicaciones prácticas sobre nuestra misión en relación al mantenimiento de la paz.

El comité organizador entendió que era necesario un enfoque interdisciplinario unificado. Este debía considerar un conjunto de datos que abarcan un trayecto geográfico lo más amplio posible, debía considerar sin prejuicio la información auxiliar de todas las propiedades mensurables de los objetos, la regresión múltiple y el análisis del factor principal aplicado a los resultados y la naturaleza del movimiento asignado a diversas causas, tanto como las observaciones y el análisis lo dispusieran.

Además, se acordó que en el caso de modelos alternativos que encajaban con los mismos datos, fueran incluidos en la ecuación por el método delta de aproximación: si M representa el movimiento de un cuerpo en una función $F(X_1, X_2, \ldots)$ de las variables X_i

(variables paramétricas del estado, como la localización, velocidad, masa, color, textura, contenido de ADN, polimorfismos de esterasa, temperatura o aroma de *M*), y si $M_1 = F_1 (X_1,X_2,X_3,\ldots)$ es un modelo que se ajusta a las observaciones y $M_2 = F_2 (X_1,X_2,\ldots)$ es un modelo alternativo que se ajusta a los datos más o menos bien. Luego $(M_1, M_2) = \delta\ F_1 (X_1,X_2,X_3,\ldots) + (1-\delta)\ F_2 (X_1, X_2, X_3,\ldots)$ es el modelo del sistema conciliador. El valor de delta es arbitrario y es generalmente asignado en la misma proporción que el rango académico o el prestigio de sus proponentes. De manera similar, cuando se plantean decisiones dicotómicas (círculos con fondo negro de la Fig. 5.1), como por ejemplo si incluir en la regresión solo los objetos en movimiento o también aquellos en reposo, ambas alternativas se siguen y se combinan en la conciliación delta.

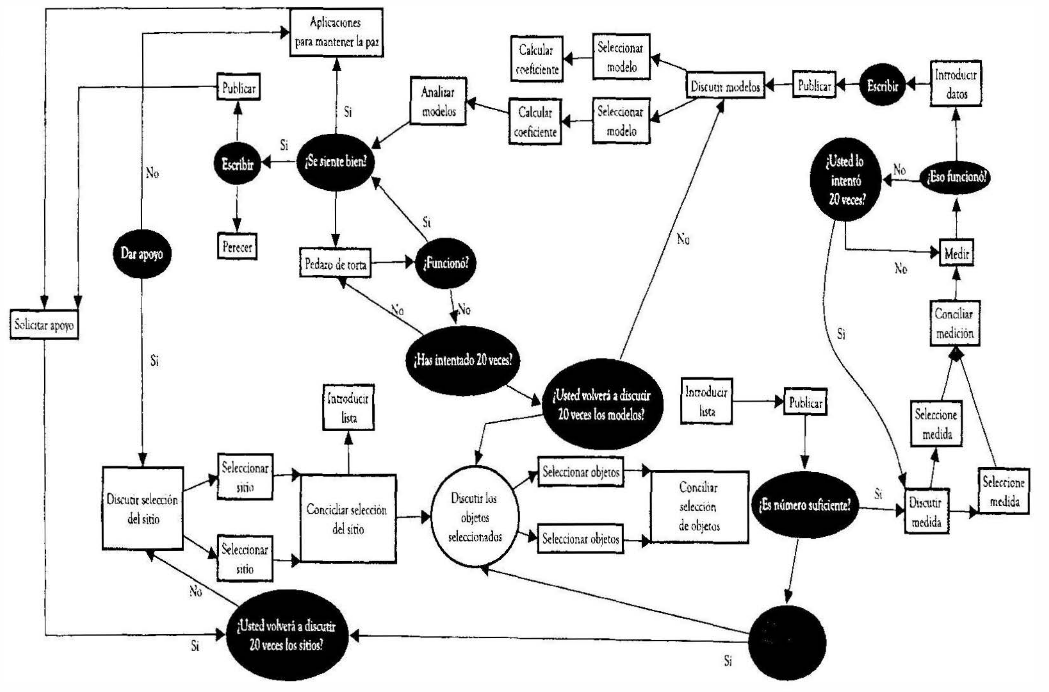

Aplicaciones para mantener la paz
Calcular coeficiente
Seleccionar modelo
Discutir modelos
Publicar
Escribir
Introducir datos
Publicar
Analizar modelos
Calcular coeficiente
Seleccionar modelo
Escribir
¿Se siente bien?
¿Usted lo intentó 20 veces?
¿Eso funcionó?
Dar apoyo
Perecer
Pedazo de torta
¿Funcionó?
Medir
Solicitar apoyo
Conciliar medición
¿Has intentado 20 veces?
¿Usted volverá a discutir 20 veces los modelos?
Introducir lista
Publicar
Introducir lista
Seleccione medida
Discutir selección del sitio
Seleccionar sitio
Conciliar selección del sitio
Discutir los objetos seleccionados
Seleccionar objetos
Conciliar selección de objetos
¿Es número suficiente?
Discutir medida
Seleccione medida
Seleccionar sitio
Seleccionar objetos
¿Usted volverá a discutir 20 veces los sitios?

Fig. 5.1.

Resultados

Fueron examinados, medidos y utilizados en el análisis estadístico un total de 100.023 objetos. A partir de dicho análisis, calculamos 100 efectos principales, 49.500 términos de interacción por pares, 50.000 de tres componentes y 410 coeficientes de interacción de cuatro componentes, obteniendo 13 grados de libertad para el error de la varianza. Los datos y los coeficientes fueron depositados en el Museo Británico y tal vez sean publicados algún día. Los datos de la muestra se presentan en las tablas 1-1.984.

Algunos de los objetos estudiados eran Artefactos Militares Imperiales (IMAs), por ejemplo, balas de cañón. Como las tendencias del movimiento eran similares a artefactos no-IMAS y eran independientes de la naturaleza del objetivo (la varianza causada por escuelas, hospitales y manzanas de un pueblo tuvieron valores de F no significativos), no es necesario preocuparnos por estas circunstancias. Los IMAs eran relevantes solo en su uso extensivo en las regiones no cooperativas (NCRs), proporcionando datos que de otro modo habría requerido Información de Rescates Peligrosos (HIR) y en su inclusión en el estudio de prevención de Operaciones No Financiadas (UFOs).

Conclusiones

El movimiento de los objetos es extremadamente complejo, sujeto a un gran número de influencias. Por lo tanto, es necesario un estudio más profundo y la renovación de las concesiones. Sin embargo, con las reservas habituales, pueden reportarse varios resultados:

1. Más del 90% de los objetos examinados estaban en reposo durante el período de observación. La proporción se incrementa con el tamaño, en las clases más grandes, y disminuye con la

temperatura por encima del ambiente a una velocidad que aumenta con la latitud.

2. Para los objetos en movimiento, la proporción de los que caían varió con el tamaño, la temperatura, la velocidad del viento, la pendiente de la superficie, el momento del día y la latitud. Esto representa el 58% de la varianza. Adicionalmente, los submodelos fueron validados para circunstancias especiales e incorporados por el método delta en la ecuación universal:

a. Los hombres que se ahogan se mueven hacia arriba 3/7 veces y hacia abajo 4/7.

b. Las manzanas efectivamente bajan. Un modelo estocástico muestra que la probabilidad de que la manzana caiga se incrementa en el verano y con la concentración de glucosa.

c. Las plantas tienden a moverse, por crecimiento, de manera lenta hacia arriba durante la mayor parte del tiempo y hacia debajo de manera rápida solo ocasionalmente. El resultado neto es una tendencia media hacia abajo de alrededor de 0.001 % ± 4%.

d. Londres se está hundiendo.

e. Un modelos estocástico para el movimiento de los objetos en Wyndham Wood (principalmente aves, a un nivel de 0,01) muestra que se encuentran, de hecho, en un estado estacionario excepto en el otoño tardío. Con una probabilidad de movimiento ascendente balanceado exactamente por un movimiento descendente, excepto en un conjunto de medida igual a cero. Sin embargo, hay una extrema heterogeneidad local con más predominio de movimiento hacia arriba a medida que el observador se acerca, a una distancia significativa x (término de interacción del observador).

3. Los cuerpos en reposo permanecen en reposo con una probabilidad de 0.96 por hora y los objetos en movimiento tienden a continuar moviéndose con una probabilidad de 0.06.

4. Para los cuerpos celestiales, la dirección del movimiento está influenciada por la proximidad de los cuerpos, la intensidad de la interacción varía con la distancia a una fuerza de 1.5 ± 0.8

5. La gráfica de la velocidad versus el tiempo, para objetos en movimiento, muestra una relación no lineal y con una gran variación. Por lo general, se pasa a través de una pendiente de 9,75 m/seg2 entre los 1 a 18 segundos luego del inicio del movimiento, pero hay una marcada desaceleración antes de detenerse, especialmente en los pájaros.

6. Para el 95 % ± 0.06 de todas las acciones, hay una correspondiente reacción con un ángulo de 175° ± 6° al principio y generalmente dentro del 3% es de la misma magnitud.

7. En conjunto hay una leve tendencia de los objetos de moverse de manera descendente.

8. Fue computarizada una tendencia general a la regresión del movimiento. Las limitaciones de espacio impiden su publicación.

9. Con el objetivo de chequear la validez de nuestro modelo, fue desarrollado un programa de simulación computarizado, de la siguiente manera: el vector de velocidad del movimiento (V) se fijó igual a la expresión de regresión múltiple, para todas las combinaciones de máximos y mínimos estimados de los coeficientes de regresión. Ya que tenemos un total de 100.010 parámetros, hubo 2 a la 100.010 combinaciones a ser testeadas o cerca de $10^{30.000}$. Para cada una de ellas, el término del error fue producido a partir de un generador de subrutina de variables aleatorias normales (NRVGS). Finalmente se testeó la consistencia del modelo a través de un análisis estadístico de la simulación del movimiento. Los cálculos fueron realizados por los hermanos de las órdenes monásticas de los Heterocedásticos y Cartesianos, cada uno trabajando con ábacos y vinculado en los circuitos apropiados en serie y paralelos por sus abades. Ya hemos escaneado 10^5 combinaciones, y resultaron consistentes con el modelo.

Agradecimiento. Este trabajo fue apoyado por la Compañía de Indias Orientales.

El ensayo anterior, que nunca fue publicado, pero circuló ampliamente en samizdat,[1] es reproducido aquí con el amable permiso de sus autores, con los cuales hemos tenido una larga relación dialéctica. Isadore (Isidore) Nabi se volvió conocido para nosotros cuando hizo su aparición en una reunión de trabajo en Vermont, que en principio, solo incluía a Robert MacArthur, Leigh Van Valen y nosotros dos. Esta persona original y compleja pronto se volvió un intelectual profundo. La naturaleza modesta y reservada de Nabi, en una comunidad científica marcada por la autopublicidad y la agresividad intelectual, lo ha convertido en una especie de enigma. Una especie de *yeti* intelectual, cuyas huellas son vistas en todos lados, pero del cual no existe una fotografía. Es un testimonio de la primacía abrumadora que se le otorga, en nuestras instituciones, a la personalidad más que a las ideas, el profundo disgusto que el anonimato virtual de Nabi ha creado entre profesores y editores famosos. Para instrucción y diversión del lector reproducimos el siguiente intercambio de notas, que aparecieron en las columnas de *Nature*. El lector puede darse cuenta de que el editor *Nature* estaba tan nervioso que se equivocó el tema de la carta original Nabi e inventó un científico totalmente ficticio, Richard Lester, a quien acusó de ser Nabi.

NAM VIVAT!

El editor
Nature
19 de Marzo de 1981

Señor,

He leído, con mucha sorpresa y confusión, la carta de Richard Dawkins sobre el determinismo genético (*Nature*, 21 de Febrero

[1] Texto manuscrito que circula en forma clandestina (N. del E.).

de 1981). En su encomiable deseo de desvincularse del Frente Nacional, me ha dejado totalmente perplejo su visión real de la relación entre el genotipo y el fenotipo. Casi al final de su carta, él mismo se asoció a la visión de S. J. Gould, que considera que la base genética del CI es "trivialmente verdadera, sin interés, ni importancia". Incluso antes, en la misma carta, dijo que la genética es un aspecto relevante ya que necesitamos "luchar lo más fuerte posible" contra las tendencias genéticas. Pero en su libro *El gen egoísta*, el Dr. Dawkins escribió que somos "vehículos robots ciegamente programados para preservar las moléculas egoístas conocidas como genes" (prefacio) y que esos genes "pululan en grandes colonias, a salvo en el interior de gigantescos y lentos robots, aislados del mundo exterior... manipulándolo por control remoto. Están en ti y en mi; controlan nuestro cuerpo y nuestra mente" (p. 21).

Esto es realmente irritante. Ya había aprendido a aceptarme como un robot genético y en consecuencia, a sentirme liberado de la responsabilidad de mi imperfección moral, y el Dr. Dawkins me dice esto. Después de todo, debo tratar de ser bueno y no estoy tan manipulado como pensaba. Ese es un problema que sigo intentando entender, la naturaleza humana. El Profesor Wilson en su libro sobre sociobiología, me aseguró que la neurobiología iba a proveerme de "un código preciso, y por lo tanto, completamente justo de ética" (p. 575). Estaba eufórico ante la perspectiva de que mis dilemas morales al fin tuvieran una solución real, cuando de repente mis esperanzas se esfumaron por un artículo en el cual el Profesor Wilson me advirtió sobre la falacia naturalista (*New York Times*, 12 de Octubre de 1975). Usted puede imaginar mi perplejidad. Me hubiera gustado saber qué creer.

Tal vez, solo estoy pidiendo esa estúpida consistencia, que Emerson dice que es el duende de nuestras pequeñas mentes. Pero veo que el mismo Dr. Dawkins es dudoso. Solo puedo hacerme eco de la pregunta que hace en su carta. "¿En qué lugar de la Tierra se generó el mito de los efectos inevitables de la genética? ¿Es sólo una

falacia de autoridad, o existen influencias de biólogos profesionales que nos colocan en ese lugar?"

Suyo en perplejidad

Isadore Nabi
Museo de Zoología comparada de la
Universidad de Harvard

¿Quién es Nabi?
El editor
Nature
23 de Abril de 1981

Señor,

Tal vez, los lectores desean saber que el nombre Isadore Nabi, el firmante de la reciente carta criticando mis puntos de vista sobre sociobiología y ética (*Nature* 19 de Marzo, p. 183), es ficticio. El escritor debería declarar su verdadero nombre, espero que confiese que tomó las dos frases de 1975 fuera de contexto, de una manera que invierte el significado de una y la hace aparecer contradictoria con la otra. También confío que va a mencionar mi último tratado completo de sociobiología y ética en *Sobre la Naturaleza Humana* (1978) y en *Las conferencias Tanner sobre valores humanos*, Volumen (1980).

Edward O. Wilson
Museo de Zoología comparada
Universidad de Harvard, Massachusetts, USA

(Se cree que Isadore Nabi es el pseudónimo del Profesor R. C. Lewontin de la Universidad de Harvard. Editor, *Nature*)

Editor
Nature
29 de Mayo de 1981

Señor,
Se ha sugerido recientemente, en la columna de *Nature,* que yo soy el misterioso Isidore Nabi. Quisiera hacer lo que esté a mi alcance para esclarecer esta situación. Permítame decir, categóricamente, que la afirmación de que Isidore Nabi no es otro que R. C. Lewontin es incorrecta. Permítame ofrecer algunos detalles corroborativos: 1) De acuerdo a su biografía en *Hombres y Mujeres de Ciencia Americanos* (p. 3.165), el Dr. Nabi tiene 71 años, recibió su diploma de Bachiller en la Universidad de Cochabamba y, entre otras cosas, se doctoró e investigó en la Universidad de Venezuela por 5 años. Yo, por otro lado, tengo 52 años, nunca había escuchado sobre la Universidad de Cochabamba y nunca estuve más al sur de la ciudad de México. 2) El Dr. Nabi es el editor de la revista, en cuyo consejo editorial yo aparezco con mi nombre. También se encuentra en la lista de miembros de la Sociedad de Evolución, de la cual tuve el honor de ser presidente. ¿Por qué el Profesor Van Valen, jefe de redacción de *Teoría Evolutiva,* me menciona en el consejo editorial, si ya era, con otro nombre, editor de esa honorable revista? ¿Y qué beneficio tendría con una copia extra de *Evolución* cuando casi no se qué hacer con la propia? 3) Isidore Nabi es el autor de varios trabajos importantes que, disculpas por decirlo, no son para nada de mi creación. Me refiero en particular a su brillante "Sobre las Propiedades del Movimiento", que aún no está publicado pero que circula y se conoce ampliamente, y su trabajo original "Una interpretación evolutiva de los sonetos ingleses" (*Science and Nature* nº 3, 1980, pp. 70-74).

He recibido recientemente una carta del Profesor Van Valen diciendo que *él* ha sido identificado como el Isidore Nabi que escribió la carta para *Nature.* Hecho que él niega. Por lo tanto

se multiplica la confusión. Espero que esta carta traiga algo de claridad a la situación.

Suyo atentamente

Richard C. Lewontin

Columna editorial
Nature
29 de Octubre de 1981

Isidore Nabi, RIP

Hubo una gran confusión en la literatura científica a raíz de una broma que comenzó en la Universidad de Chicago hace algunos años. Un científico inexistente, el Dr. Isidore Nabi (cuyo primer nombre, a veces, se escribe Isadore) fue consagrado con una biografía en *Hombres y Mujeres de Ciencia Americanos* por un grupo de científicos que incluye al Profesor Leigh Van Valen (aún en la Universidad de Chicago), al Dr. Richard Lewontin (ahora profesor de Harvard) y a Richard Lester (ahora en la escuela de Salud Pública de Harvard). A pesar que, sin dudas, el editor de *Hombres y Mujeres de Ciencia Americanos* se va a ofender al descubrir que fue engañado, la creación de Nabi de la nada se puede pensar como una broma inofensiva.

Desafortunadamente la broma ha llegado muy lejos. Aparentemente los tres creadores de Nabi han tomado el hábito de utilizar su falsa existencia para ocultar sus propias identidades. Por ejemplo, a comienzos del año, fue publicada en *Nature* una carta que se suponía que era de Nabi estableciendo un punto verosímil sobre la controversia en torno al Museo de Historia Natural. Además, el nombre de Nabi ha aparecido en otros lugares, incluso como autor de artículos en la revista *Science and Nature.* La objeción de utilizar la identidad falsa de Nabi como un pseudónimo en la literatura científica es doble. Primero, es una decepción. Segundo, permite

que las personas con opiniones sobre problemas controversiales importantes den una falsa impresión, ya que sus opiniones tendrían más peso que la que realmente tienen.

Entonces Nabi debe desterrarse de la literatura científica. Lo que comenzó como una buena broma se ha convertido en un impedimento para la discusión sensata. Pero si los tres creadores de Nabi insisten en utilizarlo, ¿qué podemos hacer los simples mortales? La respuesta es bastante simple, dejar que otros, además de ellos, utilicen el nombre Nabi frecuentemente. En especial cuando surgen puntos conflictivos con los que se ha utilizado el pseudónimo hasta ahora. No pasará mucho tiempo en que encuentren necesario inventar otro nombre o aún mejor usar los suyos propios.

Capítulo VI

Dialéctica y reduccionismo en ecología[1]

[1]Este capítulo, publicado originalmente en *Synthese*, nº 43, 1980, fue escrito para polemizar con una publicación de Simberloff ("A succesion of paradigms in ecology: Essentialism to materialism and probabilism") sobre el esencialismo y el materialismo en ecología. Lo editamos para eliminar todo aroma a *Anti-Dühring* y para circunscribir la discusión a un problema más concreto.

Por lo general, los debates filosóficos que acompañaron al desarrollo de la ciencia fueron expresados en términos dicotómicos. Estos debates involucran puntos de vista opuestos sobre la estructura de la naturaleza, la explicación de los procesos naturales y los métodos apropiados para la investigación. Los diferentes niveles de organización, como los átomos, moléculas, células, organismos, especies y comunidades, ¿son el epifenómeno que subyace los principios físicos, o son niveles separados por discontinuidades reales? Los objetos dentro de un nivel, ¿son fundamentalmente similares, a pesar de las aparentes diferencias, o es cada uno único a pesar de las aparentes similitudes? El mundo natural, ¿está más o menos en equilibrio o está constantemente cambiando? Los eventos, ¿pueden ser explicados por las circunstancias presentes, o es el presente simplemente una extensión del pasado? El mundo, ¿es causal o azaroso? Al sistema, ¿le suceden cosas por su dinámica interna o por causas externas? ¿Es legítimo postular entidades hipotéticas como parte de las explicaciones científicas o la ciencia debe ajustarse a lo observable? Las generalizaciones, ¿revelan los niveles más profundos de la realidad o destruyen la riqueza de la naturaleza? Las abstracciones, ¿son significativas o favorecen la confusión? Siempre que las alternativas sean aceptadas como mutuamente excluyentes,

el conflicto se da entre el reduccionismo mecánico, la defensa del materialismo y el idealismo, representando preocupaciones holísticas y algunas veces dialécticas.

Otra posibilidad es elegir el acuerdo, junto con el pluralismo liberal, en el cual la cuestión se vuelve cuantitativa: cuán diferentes y cuán similares son los objetos, cuál es la importancia relativa del azar y la necesidad, de las causas internas o externas (como la herencia y el ambiente). Dicho enfoque reduce los problemas filosóficos a una fragmentación de la varianza y permanece agnóstico acerca de la estrategia.

Cuando tratamos de tomar partido, de manera retrospectiva, encontramos que no es posible ser consistente: nos ponemos del lado de los biólogos que se oponen al idealismo teológico e insisten en la continuidad entre nuestras especies y otros animales o entre la materia viva y la inerte. Pero enfatizamos la discontinuidad entre la sociedad humana y los grupos animales en oposición a varias escuelas que postulan que "la biología es el destino".

Siempre que aceptemos los términos del debate entre el reduccionismo y el idealismo, debemos adoptar una inconsistencia incómoda *ad hoc*. Como vemos, la ciencia va avanzando y se va sosteniendo, una vez de un lado y luego del otro. El falso debate esta ejemplificado en tres confusiones fundamentales y comunes (ver, por ejemplo, Simberloff).[1] Estas son la confusión entre reduccionismo y materialismo, entre idealismo y abstracción y entre estadística y estocástica. Como resultado de estas confusiones, en la comunidad ecológica, es fácil caer dentro del pozo del oscurantismo estocástico y del indeterminismo, intentando escapar del oscurantismo holístico del "superorganismo" de Clements.[2] Si uno se

[1]Simberloff, D.: "A succession of paradigms in ecology: Essentialism to materialism and probabilism", *Synthese*, nº 43, p. 3-29. 1980.

[2]Clements, F.: *Dynamics of vegetation: selections from the writings of Frederic E. Clements*, H. W. Wilson, New York, 1949.

compromete con un programa totalmente reduccionista, alegando *de hecho* que las colecciones de objetos en la naturaleza no tienen propiedades diferentes a las de estos objetos en sí mismos, entonces el fracaso de la explicación debe ser atribuido a un indeterminismo inherente al comportamiento mismo de esos objetos. Por lo tanto, el programa simplemente cambia el lugar de la mistificación, desde las propiedades misteriosas del conjunto a las propiedades misteriosas de las partes.

Vamos a discutir estas tres confusiones, y algunas subsidiarias, a fin de desarrollar implícitamente un enfoque marxista a la cuestión que se ha planteado en la ecología. El materialismo dialéctico ingresó en las ciencias naturales como la negación simultánea del materialismo mecanicista y el idealismo dialéctico, como un rechazo a los términos del debate. Sus tesis centrales son que la naturaleza es contradictoria, que hay unidad y compenetración de lo mutuamente excluyente y que, por lo tanto, el principal tema de la ciencia es el estudio de la unidad y la contradicción, más que la separación de los elementos, tanto para rechazar alguno o para asignarle su importancia relativa.

Reduccionismo y materialismo

La confusión entre reduccionismo y materialismo ha plagado la biología desde el invento de Descartes, que consideraba que el organismo funcionaba como una máquina. A pesar de que, en fisiología, demostraron de manera reiterada los errores del reduccionismo vulgar, las prácticas biológicas continúan considerando, como el último objetivo del estudio de los seres vivos, la descripción del fenómeno en términos de las propiedades individuales de los objetos aislados. Una manifestación reciente es la pretensión de Wilson de que las explicaciones científicas materialistas de la sociedad humana

y la cultura deben plantearse en términos de la evolución genética humana y del fitness darwiniano de los individuos.[3]

En ecología, el reduccionismo se presenta al considerar cada especie como un elemento separado, que existe en un ambiente constituido por un mundo físico y otras especies. Para esta visión, la interacción entre una especie y el ambiente es unidireccional: las especies experimentan, reaccionan y evolucionan en respuesta a su ambiente. El fenómeno recíproco, es decir, la reacción y evolución del ambiente en respuesta a las especies, es dejado de lado. Mientras que resulta obvio que el predador y la presa juegan ambos roles, la de "organismo" y "ambiente", se olvida frecuentemente que la plántula es el "ambiente" para el suelo, que el suelo se somete a cambios evolutivos grandes y duraderos como una consecuencia directa de la actividad del crecimiento de las plantas y que estos cambios retroalimentan las condiciones de existencia del organismo sucesivamente.

Si consideramos que dos especies evolucionan en respuesta de su interacción o si la planta y el suelo están cambiando sus condiciones de existencia mutuamente, entonces, el conjunto de especies o el conjunto de especie y ambiente físico es un objeto que posee leyes dinámicas y que debe ser expresado en un espacio de dimensiones apropiadas. El cambio de cualquier elemento puede ser seguido por una proyección de cambios en una dimensión simple de la n-tupla. Pero esa proyección puede mostrar características paradójicas, incluyendo una aparente ausencia de causalidad, mientras que el conjunto cambia de una manera perfectamente regular. Por ejemplo, una presa y un predador van a llegar a un equilibrio en un patrón en espiral en un espacio bidimensional cuyos ejes son las abundancias de cada especie. Este patrón es completamente libre de ambigüedades, en el sentido que, dada una ubicación de un punto en el espacio bidimensional en un instante de tiempo, se

[3]Wilson, E.: *Sobre la naturaleza humana*, FCE, Madrid, 1980.

puede establecer un único vector de cambio que predice su posición en el instante siguiente. Sin embargo, cada una de las dos especies componentes esta oscilando en relación a su abundancia, por lo que, si se da solo la abundancia del predador no podemos saber si esta va a incrementar o disminuir durante el próximo intervalo. Entonces, la descripción del cambio del objeto n-dimensional puede derrumbarse sobre alguna nueva dimensión, por ejemplo, la distancia desde el punto de equilibrio, la cual otra vez se comportará de manera simple, monótona y predecible. La regla del comportamiento del nuevo objeto de estudio no es un holismo oscurantista, sino, una regla de la evolución de una entidad compuesta apropiada para ese nivel de descripción y no para otros. Siguiendo el ejemplo mencionado, ni la abundancia de la presa, ni la del predador convergen monótonamente al equilibrio final y el comportamiento monótono del par no puede ser predicho a partir de las ecuaciones separadas de cada especie. Más aún, el comportamiento aislado de cada una no es, en sí mismo, predecible a partir de las ecuaciones de movimiento separadas. Y como ninguna de esas ecuaciones es intrínsecamente oscilatoria, la oscilación amortiguada de las dos especies es una consecuencia de su acoplamiento dinámico.

En efecto, el paradigma del superorganismo clementsiano es idealista. Su comunidad es la expresión de algún principio general de organización, algún equilibrio o armonía de la naturaleza. El comportamiento de las partes está completamente subordinado a su principio abstracto, el cual causa que la comunidad se desarrolle hacia un maximización de la eficiencia, productividad, estabilidad o alguna otra virtud cívica. Por lo tanto, la prioridad sería averiguar qué hace que una comunidad se maximice. Sin embargo, el superorganismo clementsiano no puede ser incluido con todas las formas de "modelado de sistemas". Los modelos automáticos a gran escala de los sistemas ecológicos no se ajustan, para nada, bajo el título de holísticos. Más bien, son formas de reduccionismo a gran escala: los objetos de estudio son las "partes" ingenuamente

dadas (abundancias o biomasa de la población). Ningún objeto de estudio nuevo surge en el nivel comunidad. La investigación es generalmente conducida sobre un sistema simple (un lago, bosque o pradera) y los resultados son medidas de o proyecciones para ese lago, bosque o pradera, que no intentan encontrar las propiedades de esos ecosistemas en general. Tales modelos requieren una vasta cantidad de datos para su simulación y gran parte del esfuerzo científico cae dentro del problema de la estimación. Estamos de acuerdo con la crítica hacia este enfoque que ha sido generosamente apoyado y singularmente improductivo.

El idealismo y el reduccionismo en ecología comparten el mismo defecto: ven las "verdaderas causas" como el resultado de un solo nivel, considerando que los otros niveles tienen valor epistemológico pero no ontológico. El idealismo clementsiano ve a la comunidad como la única realidad causal, donde el comportamiento de las poblaciones individuales es la consecuencia directa de las misteriosas fuerzas organizativas de la comunidad. Por algún motivo, uno podría *describir* la comunidad dando una lista de la abundancia de especies, pero esta descripción consta solo de epifenómenos. El reduccionismo, por otro lado, ve a los individuos de una especie, o en última instancia a los individuos (o células, moléculas, porque no hay lugar claro en el cual detenerse en el programa reduccionista) como los únicos objetos "reales", mientras que los niveles superiores son descripciones de conveniencia sin una realidad causal. Un materialismo adecuado, sin embargo, no acepta ninguna de estas dos posiciones doctrinarias sino que busca las relaciones materiales reales entre las entidades en todos los niveles. La cantidad de lechuzas y la cantidad de ratones domésticos por separado son factores causales importantes para la abundancia de sus respectivos competidores y son realidades materiales relevantes para otras especies, pero la combinación particular de abundancias de lechuzas y ratones es el nuevo objeto, el cual es la causa material

del volumen de excrementos de las lechuzas y por lo tanto de la abundancia de hábitats para ciertas bacterias.

La comunidad como una totalidad dialéctica

A diferencia del holismo idealista que ve a la totalidad como la encarnación de algún principio organizativo ideal, el materialismo dialéctico ve a la totalidad como una estructura contingente de interacción recíproca de sus propias partes y con la totalidad a la que estas partes pertenecen. El todo y las partes no se determinan completamente uno a otro.

En la teoría ecológica, la comunidad es una entidad intermedia entre las poblaciones de especies locales y la región biogeográfica, es el lugar donde las especies interactúan. La región puede ser visualizada como un parche del ambiente y como un gradiente continuo de ambientes sobre las cuales las poblaciones están distribuidas. Una comunidad local está unida a la región por la dinámica de extinción y colonización. La extinción local depende de los efectos de las condiciones locales sobre la población en cuestión. La colonización depende de la cantidad de propágulos (semillas, huevos, animales jóvenes), que la población local produce, que a su vez depende del tamaño de dicha población. La colonización, también, depende del comportamiento de estos propágulos, sus habilidades para cruzar la brecha hacia habitats adecuados, su tolerancia a las condiciones y su capacidad para establecerse (anclarse en los nuevos sustratos, crecer bajo la sombra de árboles establecidos anteriormente, defensa de un nido incipiente, etc.). Estas propiedades son características biológicas propias de los individuos de la especie que no son directamente responsables de la abundancia y supervivencia en la comunidad local. Finalmente, la colonización depende del patrón en mosaico ambiental, es decir, de las distancias entre los parches, de si estos son grandes o pequeños o de la estructura de los

gradientes (si los diferentes tipos de condiciones ambientales están asociadas negativa o positivamente). Estas propiedades biogeográficas no están implícitas en la dinámica del conjunto de especies locales.

El conjunto completo de especies de una región dependen del origen de la biota, la extinción de las especies y los procesos de especiación. Por lo tanto, los niveles biogeográficos nos brindan una dinámica de la extinción, la colonización y la especiación, en las cuales los parámetros de migración y extinción dependen, en parte, de la dinámica local pero no están contenidos en la misma.

El nivel por debajo de la comunidad es la población, a su vez, compuesta por las especies. Ellas integran la comunidad en una proporción que depende de su abundancia en otras comunidades de la región. Pero una vez que están en la localidad, su abundancia, persistencia, variabilidad y sensibilidad hacia las variaciones del ambiente dependen de sus interacciones con otras especies y de los parámetros de su ecología (tasa de nacimiento, preferencias alimenticias y de microhabitats, morbilidad, vulnerabilidad a los predadores y tolerancia fisiológica) que proviene de su propia composición genética. La composición genética a su vez es una consecuencia de los procesos de selección, mutación, deriva génica e intercambio de genes con otras poblaciones de la misma especie, que forman el campo de la genética de poblaciones y reflejan la historia evolutiva pasada. Los otros miembros de la comunidad afectan la dirección de la selección natural dentro la comunidad y por lo tanto influyen en estos parámetros, pero no se deducen de las reglas generales de la comunidad ecológica.

Por lo tanto la afirmación de que la comunidad ecológica es un conjunto significativo, descansa en que posee dinámicas distintivas (las interacciones demográficas locales de las especies contra un fondo biogeográfico y parámetros genéticos de la población). Desde este punto de vista, la pregunta de si las comunidades existen como entidades discretas o se abstraen de un continuo de variación

pierde su significancia. La población genética también tuvo que afrontar la pregunta de si se consideraba una especie como un simple cruzamiento poblacional con apareamiento no aleatorio, como una serie de "subgrupos" discretos con intercambios por migración, o como una, dos o tres dimensiones continuas con un proceso de difusión, flujo génico y selección-producción local de patrones de aislamiento por distancia. Generalmente, la solución se da por conveniencia: si la tasa de migración entre los habitantes es muy baja, usamos las leyes de población genética local y ajustamos la migración. A medida que el movimiento de genes aumenta, tenemos los modelos de ambientes irregulares, nichos múltiples, etc., con apareamiento aleatorio luego corregido por algún coeficiente de endogamia.

De modo similar, si un parche es lo suficientemente grande como para que las interacciones se den principalmente dentro de él y la probabilidad de que los miembros de diferentes especies estén lo suficientemente cerca como para influenciarse mutuamente de manera proporcional a su abundancia, podemos considerar al conjunto como a una comunidad con la corrección para la migración. Si los parches son pequeños comparados con el rango de interacción y propagación, entonces un modelo intra-parche no va a funcionar y es mejor concebir a la comunidad como un mosaico de hábitats.

En las pequeñas islas, la comunidad terrestre está fuertemente separada de la acuática, lo que nos permite modelos de islas biogeográficas. Se ignora la distinción entre isla y comunidad y se considera a cada isla como una comunidad. En las áreas continentales y las grandes islas la estructura interna de los hábitats terrestres es más importante, pero los bordes entre las comunidades son menos claros. Sin embargo, el enfoque de distribución de los organismos de isla biogeográfica ha sido fructífero y generalmente se selecciona como "islas" a partes de habitats que pueden ser considerados como una comunidad.

Simberloff cambió la "realidad" de la población y las comunidades haciendo tres afirmaciones acerca de la distribución de los organismos: (1) los organismos tienden a tener distribuciones continuas sin límites abruptos; (2) los límites de las diferentes especies, generalmente, no coinciden y entonces no pueden ser identificadas las comunidades discretas; (3) cuando (1) y (2) son violados, es generalmente por alguna discontinuidad en el ambiente físico.[4]

La pregunta es si los límites de las comunidades son realmente secundarios para las cuestiones de las interacciones entre las especies. Nada inherente al concepto de comunidad excluye los límites determinados físicamente. Sin embargo, la insistencia de correspondencia uno a uno entre la distribución física y biótica hace más difícil:

1. Reconocer la riqueza del parcelamiento de la naturaleza, especialmente para organismos pequeños.

2. Tener en cuenta los efectos del umbral. Por ejemplo, un gradiente continuo del ambiente puede cambiar la frecuencia relativa de una especie de plantas, permitiendo el mantenimiento de la población de sus propios herbívoros y generando una comunidad alternativa de insectos.

3. Examinar la estructura del ambiente. De alguna manera, las plantas mejoran intensamente las condiciones del ambiente y suavizan las diferencias, pero además crean nuevas formas de heterogeneidad ambiental. El parcelamiento en mosaico de las especies de hormigas descriptas por Leston y observadas en otros lugares, reflejan la amplificación de las pequeñas diferencias ambientales dentro de una fragmentación más pronunciada.[5]

4. Enfrentarse con comunidades alternativas. Como un caso límite, las especies que se establecen primero en un lugar pueden

---

[4] Simberloff, op. cit.

[5] Leston, D.: "The ant mosaic-tropical tree crops and the limiting of pests and diseases", in *PANS*, nº 19, 1973, p. 311-341.

excluir a colonialistas de otras especies por la competencia que se produce entre los establecidos (adultos de una especie) y los propágulos de las otra. A menudo, esta diferencia en el ciclo de vida puede superar las diferencias fisiológicas de respuesta al ambiente. Pero las diferencias fisiológicas pueden afectar la frecuencia con la que un determinado parche es ocupado primero por una especie o por otra. Una visión reduccionista puede perder la exclusión competitiva una vez que encuentra la correlación con el ambiente.

Esta situación se da en la interacción de la hormiga de fuego neotropical, *Solenopsis geminata* y la hormiga introducida cosmopolita *Pheidole megacephala*. Ambas son omnívoras, agresivas y forman grandes colonias. *Pheidole* es menos tolerante al calor que *Solenopsis,* pero es mejor para anidar y forrajear en los árboles. Estas especies son, casi mutuamente excluyentes en pequeñas islas, donde el establecimiento de colonias maduras de una especie evita la colonización exitosa de la otra. Pero en grandes islas, donde los parches de colonias maduras entran en contacto, el resultado depende más de sus diferencias ecológicas. Además, cada especie está asociada con otras hormigas, haciendo que los parches alternativos sean más que una simple sustitución de especies.

Otras diferencias (el polimorfismo de *Solenopsis* versus el claro dimorfismo de *Pheidole*, las colonias poligénicas de *Pheidole* versus la colonias de hormiga de fuego con una sola reina) son externas al contexto presente y representan efectivamente instrucciones azarosas dentro del sistema. Por lo tanto, la noción de múltiples estados estacionarios alternativos de las comunidades es una consecuencia natural del reconocimiento de la complejidad biológica, no la aplicación de parches ad hoc de un paradigma moribundo.

Nuestra visión, según un enfoque materialista dialéctico, asigna a las comunidades las siguientes propiedades. Primero, la comunidad es un todo contingente en interacción recíproca con la totalidad de los niveles mayores y menores, y no están completamente determinadas por ellos. Segundo, algunas propiedades del nivel

comunidad son definidas por ese nivel y son objetos de estudio interesantes a pesar de cómo son eventualmente explicadas. Entre esas propiedades están la diversidad, la ecuanimidad, la biomasa, la productividad primaria, la invasión y el patrón de redes tróficas. Lo que hace interesante a estos objetos es que aparecen de manera notable (tropical frente a la diversidad de temperaturas, la invasión de islas oceánicas por especies cosmopolitas, el crecimiento acelerado de suelos abandonados) y que demandan explicaciones. Además parecen mostrar algún tipo de regularidad geográfica, son invocadas para explicar algunas de las propiedades dadas anteriormente y parecen tener sus propias características curiosas. Puede ejemplificarse con la afirmación de Cohen de que las redes tróficas a menudo corresponden a gráficos de intervalos. Esta es la forma débil del paradigma de la comunidad ya que no hace ninguna afirmación del lugar de la explicación.[6]

Tercero, las propiedades de las comunidades y las propiedades de las poblaciones que las constituyen están ligadas por transformaciones "muchos a uno" y "uno a uno". Las transformaciones "muchos a uno" significa que hay muchas configuraciones posibles de poblaciones que mantienen las mismas propiedades cualitativas al nivel de la totalidad. Esta visión permite ver a las comunidades de manera similar, a pesar de la sustitución de especies, y permite a la totalidad persistir a través del tiempo a pesar de que las partes individuales están en constante cambio. No todas las relaciones "muchos a uno" son obvias: una de las principales tareas de la ecología de comunidades es descubrir cuáles de las medidas de los componentes de la especie presentan estas funciones. Lane encontró que algunas mediciones de las comunidades de zooplancton, como el promedio de amplitud del nicho y coexistencia, persistente a través

[6]Cohen, J.: "Food webs and niche space", in *Monographs in Population Biology*, nº 11, 1978.

del tiempo, difieren sistemáticamente entre lagunas y cambian con la eutrofización.[7]

Una segunda consecuencia de relaciones del tipo "muchos a uno" es que es imposible la forma recíproca, es decir que una derive en muchas. Por lo tanto, las leyes expresan cómo algunas propiedades persistentes en el nivel comunidad actúan solo como restricciones débiles sobre las partes. La presencia de temperaturas diurnas elevadas indica que los seres vivos que allí habitan tienen formas de sobrevivir al calor. Estas formas pueden estar relacionadas a aspectos de tolerancia fisiológica de varios tipos o a aspectos comportamentales, como evitar activamente los momentos y lugares más calurosos. Desde la perspectiva de la comunidad hay muchos grados de libertad para las poblaciones y esto genera la apariencia de aleatoriedad con respecto a las leyes del nivel de comunidades.

La relación entre las partes y el todo del tipo "uno a muchos", refleja el hecho de que no todas las propiedades de las partes se especifican por reglas en este nivel. Por ejemplo, el hábitat puede indicar que todas las especies deben ser capaces de tolerar o evadir el calor extremo. No se deduce de la presencia de calor, si esto se logra por tolerancia fisiológica, versatibilidad comportamental para encontrar o permanecer en lugares más frescos, o dormición durante la estación calurosa. Los mecanismos dependen del pasado evolutivo de la especie, sin embargo, esto es de gran importancia en la determinación de las interacciones entre especies. De manera similar, la movilidad de los animales no está directamente relacionada al hábitat pero puede afectar su geografía. Por consiguiente la relación "uno a muchos" es vista como una indeterminación o aleatoriedad de los niveles mayores con respecto a los menores.

---

[7] Lane, P.: "The dynamics of aquatic systems: a comparative study of the structure of four zooplankton communities", in *Ecological Monographs*, nº 95, 1975, p. 307-336.

Juntos, el par "muchos a uno" y "uno a muchos" entre niveles, determina la emergencia de propiedades persistentes, caracterizando comunidades. También garantiza que diferentes ejemplos del mismo tipo de comunidades sean diferentes. Cuando observamos estas comunidades a través del tiempo, podemos ver la unidad de equilibrio (persistencia) y cambio, determinación y aleatoriedad, similitud con diferencia.

Las cosas son similares: esto hace posible la ciencia. Las cosas son diferentes: esto hace a la ciencia necesaria. Varias veces en la historia de la ciencia los avances importantes se hicieron tanto por abstracción de las diferencias para revelar similitudes o por el énfasis en la riqueza de la variación dentro de una aparente uniformidad. Pero cualquier elección por sí misma, es en última instancia engañosa. Lo general no contiene completamente lo particular como caso, pero la negativa empirista al grupo, la generalización y la abstracción reduce a la ciencia al coleccionismo, no especímenes sino ejemplos. Abogamos por una estrategia que considere a la unidad de lo general y lo particular, a través de la explicación de patrones de variación que son en sí mismos generalidades de orden superior que sucesivamente revelan patrones de variación.

La cuarta propiedad es que las leyes y las limitaciones son intercambiables. La explicación científica entre un dado nivel o contexto es a menudo la aplicación de algunas leyes dentro de limitaciones de alguna condición inicial o límite. Estos límites son externos al dominio de la ley y no son de interés intrínseco. Por ejemplo, un problema físico podría plantearse como "dada una cuerda de 15 centímetros de largo, ¿a qué frecuencia puede vibrar?" Nadie pregunta por qué tiene 15 centímetros de largo, ya que el fenómeno interesante es la relación entra las frecuencias. De modo similar, desde el punto de vista del biofísico, la configuración particular de moléculas y membranas en una célula es la condición del límite dentro del cual las leyes de la termodinámica pasan a ser operativas: la biofísica es el estudio de las operaciones de las leyes físicas en

algunas condiciones bastante inusuales presentes en los seres vivos. Pero desde el punto de vista de los biólogos celulares la configuración de las moléculas y las membranas son precisamente los objetos de interés. La preocupación concierne a su información, mantenimiento, función y significancia. Las leyes de la termodinámica y la conservación son ahora los límites dentro de los cuales el metabolismo celular y el desarrollo tienen lugar.

Este intercambio entre las leyes y los límites también se caracteriza la relación entre población y comunidad. Desde la perspectiva de la genética de poblaciones, para cada una de las especies de una comunidad, el "ambiente" consiste en las condiciones físicas y en aquellas otras especies que inciden directamente en ella. Los otros miembros de la comunidad son relevantes solo en la medida en que afectan las variables que inciden inmediatamente, pero su influencia es indirecta y no entran en la ecuación de la selección natural. Las variables que inciden directamente actúan como determinantes del "fitness." En general, esperamos que aquellos genotipos que sobreviven o se reproducen más que otros incrementen su frecuencia, en consecuencia, cambien los parámetros de la tabla de vida y la ecología de la población.

Pero desde la perspectiva de la comunidad, los parámetros determinados genéticamente de reproducción, supervivencia, tasas de alimentación, preferencias, hábitats e interacciones entre especies, son los dados. Estos son los límites dentro de los cuales opera la dinámica de los cambios de la población. Esta dinámica depende de manera sensible de la estructura de la comunidad. Esto lleva a tipos de conclusiones como las que siguen. La mayor superposición se encuentra en las preferencias alimentarias de las especies, lo menos uniforme será su abundancia relativa, y lo más uniforme serán las fluctuaciones a lo largo del tiempo. El enriquecimiento de nutrientes en los lagos será tomado, la mayor parte de las veces, como un incremento de las especies no comestibles de algas. Las variaciones del ambiente que ingresan a la comunidad por encima de

la red alimenticia generan correlaciones positivas entre las especies de niveles adyacentes, pero las variaciones que ingresan por debajo generan correlaciones negativas. Las poblaciones que son depredadas por un especialista amortiguarán los cambios que sobrevienen de otro lugar del sistema y responderán a través de cambios en su distribución de edades más que en su distribución de número. Es importante notar que estos resultados toman la estructura de la comunidad de una manera dada, sin preguntarse por el origen de los especialistas, las especies no comestibles o las perturbaciones desde abajo y arriba.

La debilidad del acoplamiento de la población genética y la comunidad, impide la asimilación completa de una en la otra y requiere un cambio de perspectiva. Por consiguiente, evita tanto el reduccionismo mecanicista como el holismo idealista.

La quinta propiedad de una comunidad es que sus especies interactúan, tanto directamente, como en la relación predador presa, simbiosis o agresión, como indirectamente a través de la alteración del entorno de la comunidad. Las interacciones indirectas pueden ser inmediatas, a través del impacto de la abundancia de cada una, la distribución de edades y el estado fisiológico o a través del tiempo evolutivo por la determinación de las condiciones de la acción de la selección natural actuando en cada una.

Esta afirmación parece bastante obvia, por lo que casi no requeriría defensa. Sin embargo, la visión de la autoecología clásica es que la distribución espacial de los organismos, especialmente plantas, es una consecuencia directa de lo individual, más o menos independiente, que responde en cada especie a un gradiente en el ambiente físico. Si esto fuera cierto, esperaríamos encontrar que, (1) una especie es más abundante donde el ambiente físico es más cercano a las condiciones fisiológicas óptimas; (2) si todas las especies, excepto una, se remueven de su gradiente físico, esta última podría incrementarse. Sin embargo, su abundancia relativa a lo largo del gradiente permanecería sin cambios, y por último, (3)

cada especie tendría éxito en el tiempo o el espacio que determina la dirección de su tolerancia física.

Estas expectativas no han sido testeadas sistemáticamente, pero se han encontrado algunos casos en que las afirmaciones anteriores no se cumplen. Por ejemplo, Dayton estudió la distribución del alga *Hedophyllum sessile*.[8] Las condiciones fisiológicas óptimas para el crecimiento máximo ocurren donde hay mayor exposición a la acción de la olas, pero estas algas son encontradas, esporádicamente, en esos lugares y son dominantes en áreas de moderada exposición a las olas. Grassle y Grassle examinaron el proceso de recolonización, por parte de los gusanos poliquetos, de la zona inferior despoblada por un derrame de petróleo.[9] En términos de tolerancia fisiológica *Nereis succinea* debería haber llegado antes que *Capitella capitata,* pero encontraron que era a la inversa. Hay muchos casos de una especie, como la artemia salina, que llega a su mayor abundancia donde pueden escapar de los predadores, a pesar que el stress fisiológico es mayor en ese lugar. O las plantas que están normalmente restringidas a ciertos tipos de suelos convirtiéndose en ubicuas en islas donde la competencia es reducida, o la composición de especies de un tipo de pastura dependiendo del patrón de pastoreo.

Finalmente, notamos que la asimetría en la relación predador-presa hace imposible, para ambas especies, ser más abundante en la situación más favorable para cada una. Si el predador fuera más abundante donde el suministro de alimentos es más favorable, entonces la provisión de alimentos (presa) sería más común donde sufre mayor predación. O si la presa estuviera en su nivel más alto

---

[8]Dayton, P.: "Experimental evaluation of ecological dominance in a rocky intertidal community", in *EcologicalMonographs*, nº 45, 1975, p. 137-160.
[9]Grassle, F. and Judith Grassle: "Opportunistic life histories and genetic systems in marine berthic polychaetes, in *Journal of Marine Research*, nº 32, 1974, p. 23-284.

cuando los predadores estaban ausentes, luego el predador será más común donde la provisión no es óptima.

Sin embargo, no es evidencia de que las especies están distribuidas independientemente unas de otras, incluso donde la abundancia de la población correlaciona bien con las condiciones físicas. Aquí tenemos una de las mayores consecuencias dañinas de las aproximaciones individualistas en relación a la abundancia y distribución de las especies: contrapone los factores bióticos y abióticos de la ecología de las especies y trata a los factores físicos como "efectos principales" estadísticos con peso relativo. En contraposición, la visión de comunidad no es que las otras especies son más importantes que los factores físicos sino que hay una compenetración mutua de los aspectos físicos y bióticos, que la significancia ecológica de las condiciones físicas dependen de las relaciones de las especies con las otras especies, y que las interacciones más fuertes entre los componentes de una comunidad hace a los componentes de la varianza acercarse engañosamente y dar apoyo a la falsa polarización inicial.

Consideremos el ejemplo la distribución de las hormigas cosechadoras del género *Pogonomyrmex* en el oeste de Norte América. Su límite oriental se sitúa entre las 18 y 24 pulgadas de la línea de precipitaciones, identificándolas como hormigas de regiones áridas o semiáridas. Estas condiciones son bastante severas para las hormigas: la temperatura de la superficie del suelo generalmente alcanza los 50 a 60°C y las hormigas que normalmente dejan de forrajear a los 45-50°C tienen solo algunas pocas horas de día disponibles para recolectar semillas. Experimentalmente el sombreado o riego de sus hormigueros extiende el período de actividad y de consumo de alimento. Sin embargo, este tipo de cambios solo permite incrementar la actividad de las hormigas de fuego agresivas (*Solenopsis* species) y los competidores. El requisito de hábitat es, en primer lugar, que haya un período de tiempo suficiente disponible para

forrajear cuando las condiciones son demasiado calurosas para las otras hormigas pero son aún tolerables para *Pogonomyrmex*.

La aridez afecta la distribución de varias maneras. El aire seco muestra una gradiente vertical de temperatura muy empinado los días de sol, lo cual permite que ocurra un aceptable rango de temperatura. En los hábitats áridos la vegetación está esparcida, por lo tanto la mayor parte de la superficie está expuesta. Una alta proporción de plantas en las regiones áridas tienen semillas en estado latente que pueden ser fácilmente almacenadas, ya que el aire seco reduce el deterioro del almacenamiento. Los predadores de las hormigas (arañas, lagartijas y avispas) y los competidores (pájaros, roedores y otras hormigas) también tienen sus propias relaciones climáticas igualmente complejas. La red que resulta de estas interacciones presenta, de hecho, un límite correlacionado con las lluvias. Pero afirmar que la distribución de la hormiga cosechadora está determinada por las condiciones físicas, es eliminar la riqueza de la ecología en favor de una correlación estadística.

Por supuesto, la ecología reduccionista no se empecina con la determinación física, puede permitir la importancia de dos o tres especies. Pero aquí surge nuevamente la misma cuestión. Primero, una fuerte correlación de una especie con otra especie no es suficiente motivo para asignarla como la primera y única causa predominante. Segundo, si de verdad es la principal causa de la abundancia de otras especies, esto debe ser explicado por la causalidad de las posiciones de las especies en la comunidad.

Finalmente, la forma en la cual un cambio en algunos parámetros físicos o características genéticas de una población afectan a otras poblaciones en la comunidad depende tanto de las propiedades individuales de cada especie como de la forma en que está estructurada la comunidad. Tal vez este es el reclamo crucial de la ecología de comunidades. No afirma que todos los componentes son igualmente importantes o que lo que pasa es el resultado de imperativos superorganísmicos. Este reclamo es una consecuencia

necesaria de la interacción de las especies, independientemente de cómo esas interacciones están descriptas. Ciertamente, no depende de la suposición del modelo logístico. Si las especies interactúan, entonces la estructura de la comunidad determina la consecuencia de la interacción. Si el resultado se deduce de la interacción como unidad independiente, esto no constituye una refutación del rol de la estructura de la comunidad sino que revela un comportamiento notable de esa estructura, la cual debería ser tenida en cuenta.

Una forma de representar la estructura de la comunidad es a través de un gráfico en el cual los vértices son variables del sistema, y las líneas que los conectan son interacciones identificadas por los signos ——► para los efectos positivos, y ——o para los efectos negativos.[10] Los problemas técnicos asociados con la identificación del gráfico apropiado no son relevantes con el uso que se les dará en este libro. El uso tiene por objeto demostrar que la estructura de la comunidad determina qué pasa en la comunidad y que estas cualidades resultantes no dependen de los detalles finos de las interacciones al nivel de la población, sino solo de algunas propiedades cualitativas del tipo "muchos a uno". Este enfoque particular es acorde con un sistema en equilibrio dinámico. Estudios recientes mostraron que muchos resultados, aunque no todos, pueden ser extendidos a situaciones más generales y que, incluso cuando los resultados particulares son diferentes, el resultado relevante (que la respuesta depende de la estructura de la comunidad) todavía se mantiene.

Las verificaciones experimentales de algunas predicciones de estos análisis fueron provistas en los experimentos recientes de Briand

[10]El procedimiento matemático se encuentra en Levins, Richart: "Evolution in communities near equilibrium", in M. L. Cody and J. Diamond (eds.): *Ecology and evolution of communities*, Harvard University Press, Cambridge, 1975.

y McCauley.[11] El gráfico de la Fig. 6.1 muestra las comunidades hipotéticas de algunas especies. La Tabla 6.1 muestra la dirección del cambio en cada variable, cuando ingresan al sistema algunos cambios en los parámetros, de manera de incrementar la tasa de crecimiento de la variable mostrada en la primera columna.

El modelo **a** es un sistema simple nutriente/consumidor. Cada incremento de ingreso de nutrientes al sistema es tomado completamente por el consumidor. Pero un cambio en las condiciones que afectan la supervivencia de A_1 afecta a A y a N en direcciones opuestas, generando una correlación negativa entre ambos. En el modelo **b**, A_1 es dependiente de la densidad, de alguna manera que no se relacione con el consumo de N. Ahora los cambios en N son absorbidos tanto por N como por A_1 en la misma dirección. La correlación entre N y A_l dependen de la magnitud relativa de las variaciones que ingresan por arriba y por debajo del sistema.

En el modelo **c**, A_1 es consumido por H. Ahora A ya no responde a los cambios de N, los cambios se transmiten a H (aunque el nivel de la población de A_1 no está afectado, se alteran su tasa y distribución de edades). Una vez más observamos que los cambios por debajo generan correlaciones positivas. El modelo **d** introduce un segundo consumidor incomible. A_2 recoge todos los efectos del cambio en el ingreso de N, dejando a A_1 y H relativamente insensibles.

[11]Briand, F. and E. McCauley: "Cibernetic mechanisms in lake plankton systems: how to control undesirable algae", en *Nature*, nº 273, 1978, p. 228-230.

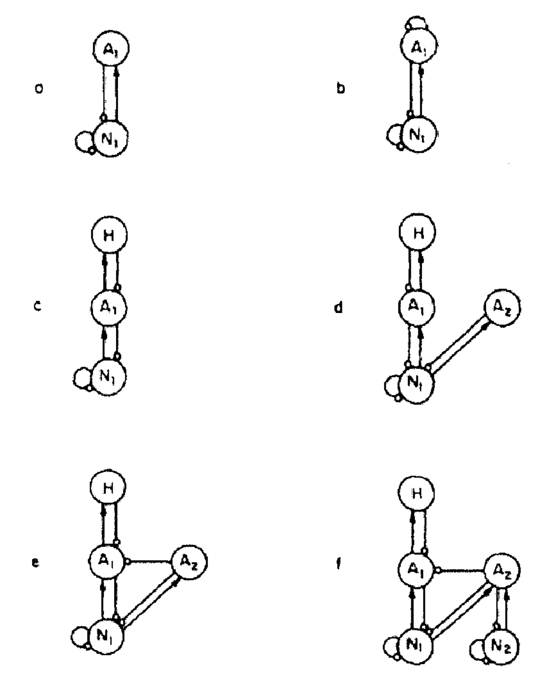


Fig 6.1. Representación gráfica de la estructura de las comunidades

En el modelo **e**, el consumidor secundario, A_2, también inhibe el crecimiento de A_1 (tal vez porque secreta una toxina, como en el caso del alga verdeazul). El efecto de este cambio en la estructura del gráfico es visto solo en los impactos sobre H de las variaciones que ingresan al sistema a través de N_1 o H. Finalmente el modelo **f** introduce un segundo nutriente consumido solo por A_2. Esto altera la respuesta de N_1 a los parámetros que ingresan al sistema en N_1 o H e introducen ambigüedades en la respuesta de H.

Tabla 6.1. La dirección de las respuestas[a] de las variables de la comunidad a los cambios en los parámetros que ingresan al sistema en diferentes nodos.

Modelo	El cambio que ingresa a través de	Efecto N1	Efecto N2	Efecto A1	Efecto A2	Efecto H
a	N_1	0		+		
	A_1	-		+		
b	N_1	+		+		
	A_1	-		+		
c	N_1	+		0		+
	A_1	0		0		+
	H	+		-		+
d	N_1	0		0	+	0
	A_1	0		0	0	+
	A_2	-		0	+	-
	H	0		-	+	0
e	N_1	0		0	+	-
	A_1	0		0	0	+
	A_2	-		0	+	-
	H	0		-	+	-
f	N_1	+	-	0	+	?
	N_2	-	+	0	+	-
	A_1	0	0	0	0	+
	A_2	-	-	0	+	-
	H	+	-	-	+	?

[a] las respuestas son las de un equilibrio dinámico lento luego de que se amortiguan los efectos transitorios.

Un análisis de los modelos de gráficos y de las consecuencias de los cambios en los parámetros derivados de ellos muestra lo siguiente en la tabla 6.1:

1. La respuesta de una especie al impacto directo del ambiente externo depende de la forma en que las especies se ubican en la comunidad. La respuesta de la especie A_1 a los ingresos directos o cambios en N_1 en los modelos a y b es diferente de su respuesta en todos los otros gráficos, y H responde de manera opuesta al mismo impacto físico en los modelos c y e.

2. Algunas especies responden a los cambios que surgen en casi cualquier lugar del sistema (A_2, H) mientras que A_1 es insensible a la mayoría de los ingresos, respondiendo solo a cambios que surgen en H, en cualquier lugar que H esté presente. Esto podría ser malinterpretado como insensibilidad al ambiente o a los cambios en los recursos o podría ser tomado como evidencia de falta de competencia con A_2, pero esto ocurre en realidad porque H juega un rol de sumidero que absorbe los impactos que llegan desde A_1 en cualquier lugar.

3. Algunas especies (A_2, H) afectan la mayoría de las variables de la comunidad, mientras que los cambios que ingresan a través de A_1 son observados solo en cambios de H. Por eso, el análisis de gráficos sustenta la observación de que una o dos especies dominan la comunidad, pero da una explicación completamente diferente de aquella que focaliza en solo una especie.

4. Un cambio en la estructura de la comunidad debe ser detectable no solo en el punto de cambio sino en cualquier lugar. La diferencia entre el modelo d y e es solo en la unión A_2 ——o A_1, pero los efectos son vistos en la respuesta de H, a cambios que surgen de H o N_1.

5. Conforme con el modelo **f**, en la tabla vemos que los cambios en los parámetros producen respuestas correlativas en la variable del sistema, y vemos que el mismo par de variables pueden tener correlaciones positivas o negativas, dependiendo de dónde

ingrese la variación al sistema (ver la relación de A_2 con N_1 y N_2, o de N_1 y N_2 y de H a N_2)

6. Los cambios en los parámetros pueden ser el resultado de la selección natural. En general, la respuesta a la selección es incrementar un parámetro teniendo un ingreso positivo a una variable, ya que el parámetro aumenta el fitness poblacional mendeliano. Pero este ingreso positivo puede tener tanto efectos positivos, negativos como neutros en el tamaño de la población, no solo la genética de la población determina la respuesta demográfica a la selección. Pero como el tamaño de la población afecta el número de migrantes que salen a colonizar nuevos lugares, hay una discontinuidad entre la población genética y los procesos biogeográficos que pueden ser conectados especificando solamente la estructura de la comunidad.

7. La noción de ser una especie de importancia crítica o dominante tiene al menos varios significados diferentes: H puede ser la causa principal de muerte de A_1 o sólo ser una causa menor; N_2 puede ser el principal alimento de A_2 o solo un suplemento. Esto en sí mismo no determina si A_1 responde a los cambios de H o si A_2 responde a los cambios de N_2. Ninguna responde a la pregunta de si una especie es crítica en una estructura en el sentido de, por ejemplo, el agregado de N_2 al modelo f cambia la respuesta de N_1 a sus propios parámetros y a A_2.

8. El análisis de gráficos abre nuevas posibilidades para la estrategia de investigación: el modelo f indica en qué lugar son necesarias medidas para resolver la ambigüedad; las consecuencias a cambios en los parámetros que son concordantes a lo largo de los modelos son resultados robustos de insensibilidad a detalles de los modelos; donde diferentes modelos dan resultados diferentes, nos orientan a las observaciones críticas para decidir entre ellos.

Un enfoque dialéctico de la comunidad ecológica admite mayor riqueza que una visión reduccionista. Nos permite trabajar con la autonomía relativa e interacciones recíprocas de los sistemas en

diferentes niveles, mostrando la inseparabilidad del ambiente físico y los factores bióticos y del origen de las correlaciones entre variables. También permite utilizar e interpretar tanto las relaciones "muchos a uno", que se aplican para generalizaciones, como las relaciones "uno a muchos", que acepta la aleatoriedad y la variación.

Si las técnicas particulares son insatisfactorias, es probable que el remedio sea no abandonar la complejidad por estrategias reduccionistas, sino promover un mayor enriquecimiento de la teoría de los sistemas complejos.

Abstracción e idealismo

Una forma de materialismo reduccionista considera a las abstracciones como una forma de idealismo. Entonces, el materialismo en ciencia necesariamente remueve las abstracciones y las reemplaza con una clase de entidades "reales", cada una de las cuales es única por la inmensa complejidad de las fuerzas que interactúan en ellas y por la estocasticidad subyacente de la naturaleza. Es obvio, sin embargo que no podemos eliminar las abstracciones o de lo contrario no quedaría nada más que las crónicas de los eventos. Si se debe dar alguna explicación causal, excepto en el sentido trivial de que un estado históricamente antecedente es una causa de estados posteriores, es indispensable algún grado de abstracción. No puede haber ninguna previsibilidad o manipulación del mundo excepto por el agrupamiento de eventos en clases, y este agrupamiento a su vez significa ignorar las propiedades únicas de los eventos y hacer abstracción de los mismos. Difícilmente podríamos tener una discusión seria de ciencia sin la abstracción. Lo que hace a la ciencia materialista es que el proceso de abstracción es explícito y reconocido como una contingencia histórica dentro de la ciencia. La abstracción se vuelve destructiva cuando lo abstracto es materializado y cuando el proceso histórico de abstracción es olvidado,

entonces la descripción abstracta es tomada como la descripción de los objetos reales.

El nivel de abstracción apropiado en una ciencia dada, en un momento dado, es una cuestión histórica. Ningún cuerpo rodante sobre un plano inclinado se comporta como un cuerpo ideal newtoniano, pero esto no disminuye el grado de comprensión y de control del mundo físico que hemos adquirido a partir de la física newtoniana. Newton fue perfectamente consciente del proceso de abstracción e idealización que había realizado. Escribió en *De Motu Corporum*, "Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme a menos que otros cuerpos actúen sobre él." Sin embargo señaló inmediatamente que incluso "los grandes cuerpos de los planetas y los cometas" tienen este tipo de fuerzas perturbadoras aplicadas a ellos y que ningún cuerpo continúa indefinidamente en movimiento.

Por otro lado, las propiedades de la caída de los cuerpos que han sido abstraídas son reemplazadas cuando es necesario. Newton mismo en la última sección del *Principia* consideró el rozamiento y otras fuerzas. Una parte de los cálculos que permiten aterrizar una cápsula espacial en la Luna requiere la física de los cuerpos ideales newtonianos moviéndose en el vacío. Otras partes requieren un conocimiento del rozamiento, la hidrodinámica y la aerodinámica en un medio fluido real y finalmente las correcciones de trayectoria. Computadoras y mentes humanas son necesarias para hacer frente a la idiosincrasia de los eventos reales. Una cápsula espacial no puede aterrizar en la luna sin la abstracción newtoniana, pero no tampoco podría aterrizar con ella solamente. El problema de la ciencia es entender el dominio propio de la explicación de cada abstracción más que volverse su prisionero.

En la biología, los trabajos de Darwin y Mendel, a pesar del gran triunfo en sus explicaciones materialistas, están llenos de abstracciones (especies, factores hereditarios, selección natural, variedad, etc.) Las abstracciones no son en sí mismas idealistas. El error

del idealismo es la creencia de que los ideales son esencias inmutables e invariables, que entran en verdadera relación con otras en el mundo real. Ideales son abstracciones que han sido transformadas por fetichismo y reificación en realidades con un status ontológico independiente. Más aún, el idealismo considera las relaciones llevadas a cabo por objetos ordinarios de observación como consecuencias directas causales, aunque perturbadas por otras fuerzas, de las verdaderas relaciones entre las esencias. Marx, en discusión con el fetichismo de las mercancías en el capítulo 1 de *El Capital* trazó un paralelismo con "las regiones nebulosas del mundo religioso. En ese mundo los productos del cerebro humano parecen dotados de vida propia, independientes, en relación entre sí y con los hombres." De la misma manera idealista, la biología predarwiniana considera a los organismos actuales y a sus historias ontogénicas como consecuencias causales de relaciones reales entre tipos esenciales e ideales. A esto se opuso la visión materialista, que consideró a las relaciones físicas reales como ocurriendo entre objetos físicos reales, sin recurrir a "tipos" de construcciones mentales, como *abstracciones* de la realidad. La dificultad específica de la teoría evolutiva pre-darwiniana era que no podía reconciliar las historias verdaderas de los seres vivos, especialmente sus cambios seculares, con la idea de que esas historias eran la consecuencia causal de las relaciones entre las esencias invariables. El equivalente en la física newtoniana podría ser suponer (como Newton nunca lo hizo) que si un cuerpo parte de un movimiento uniforme no acelerado, quedaba sin embargo una entidad, el "cuerpo ideal", que continuaba en su recorrido ideal y al cual el verdadero cuerpo estaba ligado de alguna manera causal. Lo evidentemente absurdo de esta visión del movimiento de los cuerpos puede aclarar la posición contradictoria en la cual los evolucionistas pre-darwinianos se encontraban.

En ecología, la comunidad aislada es una abstracción en la cual no existe una colección real de especies que interactúan únicamente con sus propios miembros y que no reciben ningún propágulo

desde el exterior. Pero para ser útil como una herramienta analítica, la idea de comunidad no requiere que un grupo de especies esté totalmente aislada de otras interacciones con otras especies. La confusión en este punto puede surgir de una falla al apreciar que los principios generales de interacción no son los mismos que las expresiones cuantitativas de esas interacciones. Es cierto que cada cuerpo en el universo crea un campo gravitacional que, en teoría, interactúa con cada uno de los otros. A pesar de esto, cuando nos levantamos a la mañana, nuestros músculos y nervios no tienen que compensar el movimiento de cada cuerpo del universo o incluso de cada una de las personas que habitan la misma casa. La intensidad de la interacción gravitacional es tan débil que, excepto por objetos extraordinariamente masivos como planetas o cuerpos extraordinariamente cercanos como los nucleones, es irrelevante y podemos considerar nuestra propia persona como gravitacionalmente independiente de cada uno de los otros. De la misma manera, todas las especies en la biosfera interactúan, pero la verdadera matriz de coeficientes de interacciones es esencialmente descompuesta en un gran número de submatrices casi completamente separadas por cero. El problema para los ecólogos no es reemplazar estos ceros por pequeños números reales infinitesimales, sino encontrar los límites de las submatrices y tratar de entender los coeficientes de interacción bastante grandes que existen entre ellos. Este no es un argumento contra las poblaciones y comunidades como entidades, sino a que los límites entre ellos no son absolutos, tal como la existencia de algunos hermafroditas no destruye la utilidad de distinguir machos de hembras.

Para sintetizar, lo que distingue la abstracción del idealismo es que la primera es la consecuencia epistemológica de intentar ordenar y predecir los fenómenos reales, y la segunda se considera como ontológicamente previa a su manifestación en los objetos.

Estocasticidad y estadística

Una tendencia importante en ecología y biología evolutiva ha sido el reemplazo de los modelos deterministas por los estocásticos, pero este no ha sido la tendencia general en la biología, ni lo debe ser. Estocasticidad no es la negación de la causa y el efecto, y los modelos estocásticos no están en contradicción esencial como los modelos predictivos. Como dato histórico, el desarrollo completo de la biología molecular muestra el continuo poder de los modelos simples deterministas de la "bête-machine". No existe la más mínima razón para introducir la estocasticidad en los modelos de, por ejemplo, el efecto del aumento de la secreción de adrenalina sobre la concentración de la glucosa en la sangre. Al contrario, la estocasticidad puede ser más un obstáculo, que una clarificación en estos casos. El sistema neurosecretor es una red compleja de relaciones dinámicas no lineales que están incompletamente comprendidas. Si a dos individuos (o el mismo individuo en diferentes momentos) se les da dos tratamientos hormonales idénticos, habrá consecuencias cualitativas diferentes e incluso opuestas entre ellos. Esto es porque en tal sistema no lineal la consecuencia de una perturbación en una variable es fuertemente dependiente de los niveles de los otros constituyentes. La falta de repetición de la respuesta podría ser considerada una consecuencia de la estocasticidad, pero ello sería impedir el progreso en la comprensión y control del sistema.

El ejemplo del experimento de Park sobre la competencia de los gorgojos de la harina es adecuado para este punto. En una población mezclada de *Tribolium confusum* y *T. castaneum*, a veces una especie es reemplazada y otras veces la otra. Las condiciones de alimento, humedad, entre otras, en las que se realiza el experimento son casi idénticas y la población inicial también está controlada. Neyman, Park y Scott construyeron un modelo estocástico de este experimento competitivo, que fue consistente con un resultado

variable.[12] Pero en la construcción de este modelo estocástico, que parece no testeable, rechazaron una alternativa que podría llevar directamente al experimento y la medición. Esta alternativa es que hay dos estados estacionarios del sistema dinámico, uno de pura *Trilobium Castaneum* y uno de puro *T. confusum,* y que el dominio de atracción de estos estados están demarcados por una diagonal (un límite entre regiones de diferentes comportamientos) a lo largo de un eje que no ha sido controlado en la mezcla de la población inicial. Entonces el experimento comienza a veces de un lado de esta diagonal y a veces en la otra. Park no examinó, por ejemplo, el efecto de pequeñas perturbaciones en la distribución inicial de edades entre especies, o en la fecundidad *real* inicial de las muestras de escarabajos en cada frasco.

Se podría pensar que es verdad que las nociones de causa y efecto son inaplicables al nivel de la desintegración espontánea de los núcleos radioactivos, pero no hay razones para considerar incierta una propiedad ontológica del fenómeno. La pregunta de si la imprevisibilidad del resultado se debe subsumir bajo una estocasticidad general, o si las variables previas no controladas deben ser controladas en un intento de producir resultados predecibles, debe decidirse para cada caso.

Si deseamos entender los cambios en la frecuencia genética de la población, debería ser suficiente con invocar el "cambio" en la naturaleza de la segregación mendeliana y la distribución de Poisson del número de descendencia de una familia en una población finita de tamaño N. Tal explicación estocástica es una alternativa suficiente a una teoría de adaptación perfecta por selección natural, es una explicación al mismo nivel de fenómenos que la historia adaptativa. Por otro lado, si estamos interesados en las consecuencias

[12]Neyman J, Park T y Scott L.: "Struggle for existence. The Tribolium model: biological and statistical aspects", in *Third Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, nº 4, p. 41-79.

del cambio demográfico humano, las posibles distribuciones del tamaño de las familias no es un nivel suficiente de análisis, y debemos observar dentro de la diferenciación del tamaño familiar por región, clase y otros factores. La exigencia de que todos los fenómenos deben ser explicados por causas y efectos deterministas *en un nivel arbitrario de explicación* está claramente condenada al fracaso, como lo muestra el intento de explicar todos los cambios evolutivos como el resultado de una selección natural determinante. Pero la afirmación de que la causa y el efecto en un nivel menor no pueden reemplazar la estocasticidad a niveles mayores, si resulta útil hacerlo, es confusa.

Aún más, el cambio de afirmaciones estocásticas a deterministas sobre el mundo, podría hacerse cambiando un nivel de explicación por otro en ambas direcciones. La aleatoriedad aparente no solamente puede ser explicada como resultado de fuerzas deterministas en dimensiones más altas, con más especificaciones, sino que una *reducción* en la dimensionalidad por promedios también puede convertir la estocasticidad en determinación. La estocasticidad de los movimientos moleculares en un gas yace sobre la base de las leyes completamente deterministas de los gases que relacionan temperatura, presión y volumen. Incluso si la desintegración de un núcleo radioactivo es un evento "sin causa" y entonces perfectamente estocástico, los relojes de precisión de millonésima de segundo están construidos sobre la base de la aleatoriedad de esa desintegración. En consecuencia, los procesos estocásticos deben ser la base de procesos deterministas y viceversa. No se excluyen entre ellos.

Además, los procesos estocásticos y deterministas interactúan en el mismo nivel de organización del fenómeno y esta interacción es de especial importancia en la biología y evolución poblacional. La noción de determinismo puede llevar a la falsa implicación que, en un proceso, solo un estado final simple es posible, si todos los otros parámetros del sistema dinámico están fijos. Pero esto no es cierto. Porque en los procesos no lineales dinámicos evolutivos

existen posibles resultados múltiples, incluso con parámetros fijos. En términos matemáticos, el campo vectorial tiene múltiples atractores. Cada uno rodeado por un dominio de atracción. El punto final que el proceso alcanzará en realidad depende de los dominios de atracción iniciales del sistema. Por lo tanto, la misma fuerza de la selección natural puede causar que una población evolucione en diferentes direcciones, dependiendo de la composición genética inicial de la población. Si sumado a la fuerza determinista de la selección natural hay variaciones aleatorias en la composición genética, generación tras generación, por el tamaño finito de la población y la migración aleatoria, una población en un dominio de atracción puede ser empujada hacia otro dominio y, entonces, llegará un estado final diferente del predicho sobre la base de su trayectoria previa. En realidad, buena parte de la evolución por selección natural es solo posible por eventos estocásticos, porque estos eventos permiten a una población, que ha sido restringida a un mundo abstracto en el espacio genotípico, evolucionar en otra composición. La teoría sintética de la evolución desarrollada por Wright está basada en esta "exploración" del campo de posibles resultados evolutivos por la interacción de fuerzas determinantes y estocásticas, ambas operando a nivel de la composición genotípica.[13] Una vez más vemos que la aparente contradicción entre estocásticos y deterministas se resuelve en su interacción.

Es tentador pensar que el amplio uso de los conceptos estadísticos en biología es de alguna manera un alejamiento del idealismo y un acercamiento al materialismo, después de todo, los métodos estadísticos toman su material del análisis de la variación real entre objetos. Sin embargo, nada podría estar más alejado de la realidad. Algunos de los problemas más grandes en la explicación científica vienen de los conceptos y la práctica que descansan en el corazón de

[13]Wright, S.: "Evolution in Mendelian populations", in *Genetics*, nº 16, 1931, p. 97-159.

la estadística moderna, que es de muchas maneras la encarnación del idealismo, al menos, en la práctica de científicos naturales y sociales.

En primer lugar, las estadísticas no toman la variación como su objeto de estudio, al contrario consisten en técnicas para reducir, descontar o separar "ruidos", de manera que los efectos "reales" puedan ser vistos. La teoría de testear hipótesis y mucho de la teoría de estimación tiene como supuesto principal la detección de las verdaderas diferencias entre objetos o la asignación de intervalos en los cuales se piensa que yacen los parámetros de los universos, *en detrimento de* la variación entre individuos. Mientras que los enunciados sobre las diferencias o parámetros deben ser frases en términos de probabilidades, esto se convierte en una limitación y no en una virtud para la teoría estadística. El objetivo de alcanzar estimadores eficientes y pruebas uniformemente más potentes es precisamente minimizar el efecto de las variaciones entre individuos sobre las inferencias deseadas de un universo ideal. La distinción entre el primer y el segundo momento es absolutamente fundamental para la teoría estadística (le debemos esta realización a una observación de William Kruskal). El propósito del procedimiento estadístico es distinguir esa fracción de la diferencia entre los primeros momentos, que es ontológicamente igual, como el segundo momento de esa fracción que aparece por diferentes causas. Es decir, la diferencia "real" entre las poblaciones. La mayor parte de los aspectos de la teoría del diseño experimental, tal como la aleatorización, las parcelas ortogonales y la estratificación, son sustituciones para completar el conocimiento o controlar todas las variables relevantes. El propósito, no es estudiar el "error" de varianza, sino domesticarla y minimizarla y finalmente, si es posible, eliminarla. El velo de oscuridad se interpone entre el observador y aquel universo ideal cuyos parámetros son el objeto de estudio.

Las ramas de la estadística que, a simple vista, se preocupan de manera más directa por la varianza como objeto de estudio (el

análisis de la varianza y correlación multivarianza y la teoría de la regresión) son, tal como las practican los científicos sociales y naturales y no los estadísticos sofisticados, las más mistificadas por el idealismo. El análisis de varianza es una partición tautológica de la varianza total entre observaciones dentro de los efectos principales e interacciones en varios órdenes. Pero como cada profesional de la estadística sabe, la partición no separa causas excepto donde no hay interacción (ver capítulo 4 para una discusión de este punto en el contexto de la genética de poblaciones). A pesar de esto, los científicos naturales y sociales continúan reificando el efecto principal y la interacción de varianzas, que son calculadas convirtiéndolas en mediciones de causas separadas e interacciones estáticas de causas. Más aún, actúan como si los "efectos principales" fueran realmente causas "principales" en el sentido cotidiano de la palabra, y como si las interacciones fueran realmente secundarias en importancia. En esta visión, las interacciones no son nada más que lo que queda después que los efectos principales se contabilizan. Esta actitud hacia los efectos principales e interacciones es una forma de asunción *ceteris paribus* que juega un rol central en la ciencia cartesiana, pero que se ha convertido en una parte inconsciente de la ideología del análisis de varianza.

Los ejemplos más atroces de reificación se dan en el uso de la correlación múltiple y regresión y de varias formas del análisis de factores y componentes principales realizada por los científicos sociales. Economistas, sociólogos y especialmente psicólogos creen que la correlación entre variables diagonales transformadas es una revelación de la estructura "real" del mundo. Los biólogos son aparentemente inconscientes de que en la construcción del análisis de correlación, en sí mismo, hay impuesto un modelo del mundo. Ellos suponen que están acercando los datos a una forma libre de teoría y que los datos van a "hablarles" a través del análisis de correlación. Sin embargo, si examinamos la relación real entre los sistemas dinámicos y las correlaciones, se vuelve claro que las

correlaciones pueden crear relaciones que no existen. Por ejemplo, la simple relación predador-presa predice que si aumenta la presa habrá un aumento del predador; entonces la correlación entre presa y predador debería ser positiva. Sin embargo si incrementa el predador, y todo el resto permanece igual, la presa debería disminuir, entonces hay una correlación negativa en la abundancia. La naturaleza espiral de la dinámica en el espacio bidimensional predador-presa no muestra inmediatamente que la abundancia de la presa o el predador puede correlacionar negativa o positivamente dependiendo de en qué parte de la espiral están las poblaciones históricamente.

El argumento gráfico (Fig 6.1) muestra que el patrón de correlación observado en un sistema depende de la estructura del sistema y del punto de entrada de parámetros de cambio. Aparecen dos aspectos adicionales de la correlación cuando examinamos el curso de tiempo de un proceso. Supongamos que N es una especie que consume los recursos R y crece a una tasa que depende de su captura de recursos y de su propia mortalidad:

$$\frac{dN}{dt} = N(pR - \theta)$$

donde p es la tasa de captura y utilización de R, y θ es la tasa de mortalidad (no es relevante para este argumento que la utilización real puede ser no lineal: si hay una efecto de saturación, podemos reemplazar R por $R^* = R/(K+R)$ u otra función). Asumimos por conveniencia aquí que θ es constante, entonces los cambios en el sistema ingresan por la forma de R.

La ecuación particular que describe la dinámica de R es sorprendentemente irrelevante para los resultados que siguen. Hacemos uso del hecho de que el valor promedio de una derivada a lo largo de un intervalo de tiempo t es

$$E\frac{dN}{dt}=\frac{1}{t}[N(t)-N(0)]$$

Aplicando esto a la ecuación de N, obtenemos

$$\frac{1}{t}\left[N(t)-N(0)\right]=\overline{N}\left(p\overline{R}-\theta\right)+p\,\mathrm{cov}(N,R),$$

Donde la barra indica valores promedios y cov es la covarianza. Ahora dividimos la ecuación original por N

$$\frac{1}{N}.\frac{dN}{dt}=pR-\theta$$

El miembro izquierdo es $\frac{d(\ln N)}{dt}$, entonces.

$$\frac{1}{t}\ln\frac{N(t)}{N(0)}=p\overline{R}-\theta$$

Sustituyendo este término en la ecuación de arriba, tenemos

$$\frac{1}{t}\left[N(t)-N(0)\right]=\frac{1}{t}\overline{N}\ln\frac{N(t)}{N(0)}+p\,\mathrm{cov}(N,R),$$

o

$$\mathrm{cov}(N,R)=\frac{1}{pt}\left[N(t)-N(0)=\bar{N}\ln\frac{N(t)}{N(0)}\right],$$

si N ha estado cambiando exponencialmente a lo largo del intervalos,

$$\frac{1}{t}[N(t)-N(0)]=\frac{N(0)}{t}[e^{\lambda t}-1],$$

y

$$\overline{N}=\frac{N(0)}{2}\left[e^{\lambda t}-1\right],$$

y

$$\frac{1}{t}\ln\frac{N(t)}{N(0)} = \lambda$$

entonces cov $(N,R) = 0$. Pero si N cambia rápidamente al principio pero luego se enlentece, N es mayor que $N(0)/\lambda t(e^{\lambda t}-1)$ y la covarianza es negativa, mientras que si N cambia más lento que exponencial y luego acelera, N es menor y la covarianza es positiva. Pero por un largo periodo de tiempo la covarianza desaparece.

El resultado de este análisis es que la correlación entre un par de variables, incluso en un simple ecosistema, depende de varios factores. En primer lugar, del resto de la estructura del sistema. Segundo, de la variable a la cual la fuente externa de variación ingresa al sistema. Tercero, de la historia del sistema. Y finalmente de la duración de la observación. Por lo tanto, ningún patrón de correlación observada entre las condiciones físicas y las variables biológicas pueden refutar la visión de una mutua determinación de especies en los ecosistemas, incluso cuando solo las mediciones físicas puedan dar buenas predicciones de abundancia o cambio.

Si se lleva a cabo un análisis a-teórico de la correlación, esta puede ser observada y en ausencia de una teoría a priori, la correlación conducirá a una historia teórica que refleja el signo particular que tiene la correlación en ese juego de datos. Estas correlaciones pueden ser la consecuencia de procesos causales, pero no puede ser utilizada fielmente para inferir esos procesos.

Como la metodología de la correlación no posee, intrínsecamente, ningún contenido teórico sobre el mundo real (esto es pensado como su principal virtud), cualquier afirmación sobre el mundo real debe provenir del contenido importado dentro del análisis. Entonces si deseamos entender las causas de alguna variable, por ejemplo la abundancia de especies, utilizando un enfoque correlacional, es necesario decidir qué aspectos del mundo van a ser

medidos para correlacionar con dicha variable. Después de que se seleccionan las variables independientes, se calculan las correlaciones que van a ser interpretadas como conexiones causales reales. Entonces, si el cambio de temperatura está fuertemente correlacionado con la abundancia se puede afirmar que la temperatura en sí misma es un factor causal importante, como si los datos en lugar del observador hubieran elegido esta variable. Por supuesto, cada investigador puede repetir de manera interminable que la correlación no debe ser confundida con la causación y que, en el ejemplo dado, la temperatura es solo un factor con el cual están correlacionadas otras variables. Pero este tipo de desentendimiento es cínico. Nadie se molestaría en realizar un análisis de correlación, si tomamos seriamente la advertencia de que la correlación no es causalidad. Después de todo, ¿cuál es el uso del análisis, sino hacer inferencias sobre la causalidad?

Desafortunadamente, en una colección de datos multivariados, en el cual el conjunto de variables independientes cuenta para una proporción razonable de la varianza, casi siempre se da el caso que una proporción bastante grande de esa varianza estará asociada con una pequeña proporción de las variables. Esta carga de la varianza a un pequeño número de variables es una consecuencia, puramente numérica, de ensamblar un grupo heterogéneo de variables independientes en un análisis de regresión múltiple. Por esta carga, una o dos variables siempre aparecerán como la variable dependiente "principal". Si el análisis se repite con un diferente grupo de variables, aparecerá alguna otra variable como la causa "principal". De esta forma, la práctica del análisis de multivarianza se refuerza a sí mismo, desde el momento que surgen del análisis que algunas causas "principales" reales han sido descubiertas, construyéndose así la fe en la metodología.

Cuando las variables extrínsecas no son introducidas específicamente como factores explicativos, puede examinarse internamente un conjunto complejo de datos y el descubrimiento de un patrón

o estructura es pensado como una revelación sobre el mundo real. De hecho, es solo una relación tautológica entre un conjunto de números. El ejemplo más famoso es el factor g creado en el tratamiento del factor analítico en los test de CI de la inteligencia general, que son considerados como algo real por los psicólogos. La metodología estadística en manos de científicos naturales y sociales se ha convertido en la forma más poderosa de reforzar la práctica en la cual idealismo es la teoría (ver capítulo 5).

La biología a partir del nivel de individuo (población ecológica y genética, comunidad ecológica, biogeografía y evolución) requiere estudiar sistemas complejos intrínsecamente. Pero la filosofía dominante de la ciencia occidental ha probado que es inadecuada para el estudio de la complejidad por tres razones. Primero, el mito reduccionista de simplicidad lleva a sus defensores a aislar las partes lo más posible y estudiar esas partes. En teoría, esto desestima la importancia de las interacciones, y hace que sus recomendaciones prácticas (en programas de agricultura o conservación y protección ambiental) sean frustradas por el poder de causas indirectas y no anticipadas, más que por errores en el detalle de la descripción de sus propios objetos de estudio. Segundo, el reduccionismo ignora las propiedades del todo complejo y solo ve los efectos de esas propiedades como ruidos. Esta aleatoriedad es elevada a un principio ontológico que lleva a bloquear la investigación y la reificación de la estadística, de manera que la reducción de datos y la predicción estadística, por lo general, pasa por explicación. Tercero, la fe en la naturaleza atomística del mundo hace que el principal objeto de la ciencia sea la atribución de valores relacionados a causas aisladas, haciendo más dificultoso el estudio de la naturaleza de la interconectividad. Donde emergen comportamientos simples de interacciones complejas, los reduccionistas toman esa simplificación para negar la complejidad; por otro lado, donde el comportamiento es desconcertantemente complejo, reifican su propia confusión en una negación de la regularidad.

Tanto las necesidades teóricas internas de la ecología, como las demandas sociales que informan sobre nuestra interacción planeada con la naturaleza, requieren comprender la complejidad como el problema central. La ecología debe enfrentar la interdependencia y la autonomía relativa, la similitud y la diferencia, lo general y lo particular, el azar y necesidad, el equilibrio y el cambio, la continuidad y la discontinuidad y los procesos contradictorios. Debe ser cada vez más consciente de su propia filosofía y esta filosofía debe ser efectiva para poder ampliarse y convertirse, no solo en materialista, sino además en dialéctica.

Parte III

La ciencia como producto social y el producto social de la ciencia

Capítulo VII

El problema del Lysenkoismo[1]

[1]Este capítulo fue publicado por primera vez en *The Radicalisation of Science*, editado por H. Rose y S. Rose (Macmillan, London, 1976), pp. 32-64.

El movimiento lysenkoista, que conmocionó la biología y la agricultura soviética por más de 20 años y que aún hoy en día, atrae a sectores de la izquierda fuera de la Unión Soviética, fue un fenómeno mucho más complejo de lo que, generalmente, se supone. El lysenkoismo no puede ser entendido, simplemente, como el resultado de las confabulaciones de carreristas oportunistas que operaron en un sistema político caprichoso y autoritario. No sólo sostuvieron esta visión equivocada los analistas occidentales, sino también los reformistas liberales dentro de la Unión Soviética. El lysenkoismo no fue un "affaire", ni el "ascenso y caída" de una influencia individual, como se deduce de los títulos de los libros de Joravsky y Medvedev.[1] Ni tampoco puede ser considerado, como lo hacen algunos maoístas de ultraizquierda, como el triunfo de la aplicación del método dialéctico a los problemas científicos. Un triunfo intelectual que, suponen, estaría siendo suprimido por la burguesía occidental y el revisionismo soviético. Ninguna de estas visiones corresponde a una teoría válida de causalidad histórica. Ninguna reconoce que el lysenkoismo, como cualquier fenómeno

[1]Joravsky, D.: *The Lysenko affaire*, Harvard University Press, Cambridge, 1970. Medvedev, Z.: *The rise and fall of T. D. Lysenko*, Columbia University Press, New York, 1969.

histórico significativo, es el resultado de la conjunción de circunstancias ideológicas, materiales y políticas. Y al mismo tiempo es la causa de cambios importantes de esas mismas circunstancias.

No es sorprendente la visión que poseen los analistas burgueses del movimiento lysenkoista, ya que es coincidente con la tradición que descienden. Esta visión sostiene que los cambios históricos importantes pueden ser el resultado de una decisión individual y el capricho de una persona poderosa o de un accidente histórico único, sin ninguna relación causal especial. Esto se puede observar en el libro de Joravsky, donde se mencionan una gran cantidad de fuerzas complejas que contribuyen al movimiento lysenkoista. Sin embargo, el autor explica su auge esencialmente como una consecuencia del "caciquismo". Esto significa que el jefe político de la agricultura soviética, incluyendo al "jefe supremo" Stalin, abrazaron una doctrina científica incorrecta. Lo hicieron, según el autor, en una búsqueda ciega y caprichosa de una solución para los problemas de la agricultura soviética, que habían sido creados por su propio programa de colectivización irracional. Es bastante sorprendente que los escritores socialistas, que se supone lo conocen mejor, también expresen esta visión estrecha. Los reformistas liberales, como Medvedev, consideran al lysenkoismo como un tumor en el cuerpo político, como una manifestación de la infección estalinista que envenena a un organismo revolucionario potencialmente saludable. Algunos maoístas restringen su visión a los aspectos filosóficos del problema, utilizando el ensayo de Mao "Sobre la contradicción" en un intento de probar, como proclama L. K. Prezent, que el mendelismo genético es incompatible con los principios del materialismo dialéctico. Y que una aplicación rigurosa del método dialéctico conducen a conclusiones lamarckianas.[2] Debemos rechazar ambos

---

[2]Prezent fue un abogado que se unió a Lysenko primero como polemista, y luego hizo algunos trabajos experimentales. Fue un participante estridente, dogmático y abusivo de los debates.

puntos de vista, por ser demasiado estrechos. Por supuesto que es verdad que la estructura política autoritaria de la Unión Soviética y la burocratización del Partido Comunista tienen efectos poderosos sobre la historia del movimiento lysenkoista. Por supuesto que este es el caso en donde los métodos y las conclusiones de la ciencia están profundamente comprometidos con la ideología y deben ser reexaminados. Pero hay otros factores materiales y sociales presentes en la Unión Soviética que fueron esenciales para el movimiento lysenkoista.

El movimiento lysenkoista, desde 1930 a 1960 en la URSS, fue el intento de una revolución científica que se desarrolló en el siguiente contexto: las necesidades apremiantes de la agricultura soviética, que hacían que la sociedad fuera receptiva a propuestas radicales; la supervivencia tanto de las ideas lamarckianas como de las tradiciones hortícolas no académicas, de las que se extraía contenido intelectual;[3] un entorno social de alto nivel de alfabetización y de popularización de la ciencia, que convertía el debate genético en un debate público; una cultura revolucionaria incipiente, que enfrentó a los jóvenes y eufóricos comunistas contra la academia elitista y la creencia en la relevancia de las cuestiones filosóficas y políticas, que colocaba a la discusión en los términos más amplios. Pero el movimiento también tuvo lugar en el contexto del bloqueo de la URSS, de la Segunda Guerra Mundial y de la Guerra Fría. Con el aumento de la represión administrativa y el dogmatismo filosófico, los oportunistas se subieron al carro y se abortó la revolución cultural.

Finalmente, la revolución lysenkoista fue un fracaso, no provocó una ruptura radical en la productividad agrícola. Lejos de derrocar a la genética tradicional y crear una nueva ciencia, truncó

---

[3] Jean-Baptiste Lamarck (1774-1829), autor de *Filosofía Zoológica*, propuso que la evolución ocurre a través de la herencia de los caracteres adquiridos en respuesta al ambiente.

el trabajo pionero de genetistas soviéticos y retrocedió una generación. Su contribución a la biología contemporánea fue insignificante. No logró establecer la razón de la necesidad del materialismo dialéctico en las ciencias naturales. En Occidente, el lysenkoismo fue interpretado como otro ejemplo de la ceguera autodestructiva del comunismo. Sin embargo, en la Unión Soviética y en la Europa del Este es un recuerdo fresco y doloroso. Para los soviéticos liberales, que defienden un apoliticismo tecnocrático, es un ejemplo clásico del daño que provoca la distorsión burocrática e ideológica de la ciencia.

Nuestro interés por reexaminar el movimiento lysenkoista tiene varios motivos. Primero, la interpretación de los movimientos científicos en términos de su contexto social, político y material, más que en términos de su idiosincrasia, como tarea importante de la historia intelectual. Más que en otros campos de la investigación histórica, se asume que la fuerza que motiva el desarrollo de la ciencia es el logro personal o un suceso accidental. El materialismo histórico de la ciencia está aún en desarrollo, a pesar de los trabajos pioneros de Hesen y Bernal.[4] El movimiento lysenkoista es reciente y está bien documentado; además, las mayores diferencias científicas entre lysenkoistas y genetistas fueron superadas por el propio desarrollo de la genética. Por lo tanto, el problema tiene la ventaja de ser contemporáneo, y sin embargo, pertenecer al pasado.

Segundo, la controversia Lysenko plantea cuestiones importantes sobre la metodología general de la ciencia y la relación del

[4]Boris Hessen, Director del Instituto de Física de Moscú, realizó un intento ambicioso, y parcialmente exitoso, de dar una interpretación materialista de la historia reciente de la física occidental (ver Hessen, B.: "The social and economic roots of Newton's *Principia*", in *Science at the Crossroads*, Kniga, London, 1931). J. D. Bernal, un físico británico marxista, dio una interpretación marxista de la historia de la ciencia en sus dos trabajos históricos principales: *The social function of science*, Routledge, London, 1939 y *La ciencia en la historia*, Nueva Imagen, México, 1981.

método científico con los requerimientos de las aplicaciones prácticas. Estas cuestiones permanecen abiertas. Recordamos particularmente, la técnica estándar del análisis estadístico y el requisito de un control en los experimentos que fueron desafiados por el lysenkoismo.

Tercero, como trabajadores científicos en el campo de la genética y la ecología evolutiva, hemos tenido algún éxito al guiar nuestras investigaciones aplicando conscientemente la filosofía marxista. No aceptamos la visión de que la filosofía debe (o puede) ser excluida de la ciencia, y deploramos la ideología tecnocrática antiideológica de los liberales soviéticos. Al mismo tiempo no podemos descartar el uso pernicioso de la filosofía por parte de Lysenko y sus partidarios, como si fuera una simple aberración, una aplicación errónea o una distorsión, que sucedió en una época que se ignora con la etiqueta de culto a una personalidad (mencionando o no a la persona en cuestión). Tampoco es suficiente señalar que, a pesar de Lysenko, el marxismo tuvo algunos éxitos, incluyendo el trabajo pionero sobre el origen de la vida. A menos que el marxismo examine sus fracasos, estos se repetirán.

En los últimos años el lysenkoismo fue una caricatura de la visión del mundo de los "dos campos", en el cual la confrontación entre ciencia burguesa y socialista fue vista como un paralelismo de la confrontación entre imperialismo y socialismo. Sus incoherencias pueden llevar fácilmente a una negación, por parte de los críticos de Lysenko, de que hay dos campos. Este punto de vista hace hincapié en la idea de ciencia neutral y de una racionalidad técnica independiente de sus usos. Parece probable que la reducción del conflicto armado fortalecerá esta visión neutral de la ciencia, en un momento en el cual, creemos, el conflicto dentro de la ciencia debería ser más agudo y reconocido como más complejo. Esta revisión es, entre otras cosas, parte de nuestro propio proceso de clarificación.

Las pretensiones filosóficas y científicas del lysenkoismo

La idea principal de la investigación lysenkoista era la transformación directa de las variedades de plantas (interpretada como la transformación directa de la herencia), a partir de la manipulación del ambiente y de la realización de injertos. Este trabajo contradice directamente la genética mendeliana. Una segunda línea de trabajo enfatizó los procesos fisiológicos que, a pesar de no ser formalmente incompatibles con la genética mendeliana, fueron ajenos a su espíritu y en consecuencia ignorados por los genetistas. Algunos ejemplos de los estudios lysenkoistas que muestran esta línea de trabajo, son: V. R. Khitrinsky "Sobre la posibilidad de dirigir la segregación de la progenie híbrida en el trigo", G. I. Lashuk "Cambios en la dominancia de la naturaleza de los alcaloides en híbridos interespecíficos de *Nicotiana*", o el trabajo de Sisakian sobre la transmisión de la actividad enzimática por injerto. Otros ejemplos son el estudio de Turbin, en el cual un tomate recesivo múltiple fue polinizado con una mezcla de diversos tipos de polen, cada uno poseía un dominante simple y se producía descendencia con dos fenotipos dominantes; el uso de polen silvestre, realizado por Avakian, para superar la autoesterilidad en el arroz; el trabajo de Olshansky sobre el efecto de las condiciones de la generación F1 sobre la proporción de la segregación en F2; la afirmación de Isayev de que la descendencia de híbridos por injerto, a veces, muestran la misma clase de segregación que presentan los cruzamientos sexuales ordinarios y el libro de Glushchenko sobre la hibridación vegetativa.[5]

La estructura teórica central del lysenkoismo es:

[5]Una revisión general de estos estudios puede encontrarse en Hudson P. S. y Richens R. H.: *The new genetics in the Soviet Union*, Imperial Bureau of Plant Breeding and Genetics, 1946.

1. La herencia es un proceso fisiológico, resultado de la interacción entre el organismo y el ambiente a lo largo de toda su vida.

2. La forma en que el organismo asimila las condiciones ambientales está relacionada a su propia herencia. Los aspectos adecuados del ambiente son seleccionados y transformados, y los inadecuados son excluidos. En el transcurso del desarrollo del organismo, el programa hereditario se despliega como si fuera un resorte y al mismo tiempo abre la fuente para la siguiente generación.

3. Si el ambiente es adecuado para que ocurra una expresión normal de la herencia del organismo, esta se va a reproducir en las células sexuales. Si, por el contrario, el ambiente no permite la expresión normal, también se alterará el proceso de producción de la herencia de la próxima generación.

4. Los factores que desestabilizan la herencia y permiten su modificación son:

a. La alteración física del ambiente, como el caso de la vernalización.

b. El injerto, especialmente en etapas tempranas del desarrollo. La remoción de hojas hace que el injerto dependa de aquel al que está asociado.

c. La hibridación.

5. El patrón de herencia domina la asimilación de nutrientes y del ambiente externo por parte del organismo. Como en la reproducción sexual cada gameta es el ambiente de la otra, la fertilización sería la asimilación mutua de herencias diferentes. El resultado es especialmente débil y está sujeto a la influencia del ambiente.

6. La misma causa que produce una alteración heredable o nuevas variantes (la exposición a un patrón ambiental que no se puede asimilar de acuerdo a su vieja herencia) es también responsable del origen de una nueva especie. Esta especiación no es un fenómeno poblacional, sino la expresión del desarrollo fisiológico individual. Esto concuerda con la antigua visión lamarckiana.

En general, los filósofos soviéticos que tomaron partido por Lysenko, poseían un enfoque general más verosímil, desde el punto de vista de su interpretación del materialismo dialéctico. La principal cuestión filosófica de los lysenkoistas fue la afirmación de que la teoría del gen era metafísica y que el gen era una entidad mística. A partir de los primeros tiempos de la genética mendeliana, los principales libros de texto de biología en Europa y América del norte hacían declaraciones como la siguiente:

"El germoplasma, la sustancia continuamente viva de un organismo, es capaz de reproducirse a sí mismo y al somatoplasma o el tejido corporal, dando lugar a nuevos individuos. Es la sustancia o esencia de la vida la cual ni es formada de nuevo generación tras generación, ni es creada o desarrollada cuando se alcanza la madurez sexual. Está presente todo el tiempo como la potencialidad del individuo antes de nacer y después de morir, durante el período entre estos dos eventos que denominamos 'vida'. El somatoplasma, por otro lado, no tiene ese poder. Puede producir solo su tipo, lo efímero, el cuerpo perecedero o la cáscara, que tarde o temprano completa su ciclo de vida, muere, se desintegra. El germoplasma es en algún sentido inmortal."[6]

Los genetistas se alejaron de las declaraciones que reflejaban visiones extremas, pero los lysenkoistas las consideraron extremas solo en franqueza y claridad, y de ninguna manera contradictorias con el espíritu de la genética moderna de 1930. Los genetistas respondieron que los libros de textos no reflejan el pensamiento real de su trabajo, ya que ellos reconocieron la naturaleza material del gen. Señalan que si así no hubiera sido no podrían haberlo impactado con radiación o haber intentado encontrar su naturaleza molecular. Sin embargo, para calificarlo como una entidad material, se requiere algo más que ser objeto o blanco de rayos X. Debe

[6]Kains, M. C.: *Plant propagation: Greenhouse and nursery practice*, Orange Judd, New York, 1916.

evolucionar, desarrollarse, interactuar con su entorno de manera recíproca. La genética de 1930 ignoraba bastante estas cuestiones.

La teoría de Weismann propuso un germoplasma inmortal que podía ser reconstruido, pero no podía ser creado, ni destruido. Posteriormente, el mapeo de los cromosomas y el estudio de la recombinación reforzaron la idea de que las diferencias genéticas entre los organismos pueden surgir sin que se altere el material genético en absoluto. A lo largo del periodo de debate, los genetistas no consideraron el problema del origen o evolución del gen. Por lo tanto, en su esencia, el germoplasma de Weismann fue antievolutivo. Permitía el cambio, pero solo como un fenómeno superficial, como un reordenamiento de entidades inmutables. Los filósofos lysenkoistas contrapusieron la escuela Weismann-Morgan-mendeliana al darwinismo. Sus colegas, con más mentalidad política, señalaron que las teorías científicas que niegan la realidad del cambio están generalmente asociadas con la lealtad al status quo político. En consecuencia, la teoría metafísica del gen era reaccionaria. Por supuesto, las mutaciones son cambios en los genes de manera accidental o externa, y no parte del desarrollo normal de la materia. La rigidez del concepto de gen se reforzó cuando se tomó seriamente el problema del origen de la vida fuera de los círculos comunistas y fue reducido al problema del origen del gen.

En genética, la relación entre el genotipo y el fenotipo es unilateral: los genes determinan el fenotipo y no hay influencia recíproca. Al "determinar" se evade lo que realmente ocurre en el desarrollo. En los libros de texto y en la práctica de los genetistas, la determinación genética se asocia a la idea de destino.

El rol del ambiente en la determinación del fenotipo era desconocido, pero de manera subordinada, "los genes determinan el potencial y el ambiente su realización. El genotipo es el tamaño del envase y el fenotipo es cuánto de este se llena." Las técnicas estadísticas, relacionadas con la noción de herencia, intentan separar el fenotipo en un componente heredado y uno ambiental,

como si fueran entidades separables. Los adversarios de Lysenko, Schmalhausen en la URSS y Dobzhansky en los Estados Unidos, estaban prácticamente solos al enfatizar una visión más sofisticada de la interacción genotipo-ambiente, en la cual el genotipo era la norma de reacción al ambiente.[7] Se derivó de este enfoque, el desarrollo subsecuente del campo que se ocupa de la estrategia adaptativa. Además, la relación unilateral entre el gen y el ambiente enfatizó la siguiente contradicción en genética: si se supone que todas las células poseen los mismos genes, ¿cómo es posible que produzcan tejidos diferentes?

La ciencia occidental en su totalidad es estructuralista. Esto significa que los procesos son vistos como el epifenómeno de las estructuras. La herencia implica un órgano de la herencia, la memoria implica un órgano de la memoria o un engrama, el lenguaje implica una capacidad arquetípica para el lenguaje. Por el contrario, la dialéctica de Lysenko, señaló que el proceso es previo a la estructura y consideró a la estructura como la apariencia transitoria de un proceso. Para ellos era tan absurdo buscar el órgano de la herencia como lo era buscar el órgano de la vida. La herencia es un proceso dinámico en el cual pueden estar involucradas varias estructuras (Lysenko reconocía la existencia de los cromosomas, y asumía que tenían alguna función, pero no consideró que era importante descubrir cuál era). El modelo para el proceso de herencia es el metabolismo, el intercambio y transformación de sustancias entre el organismo y el ambiente.

La idea del azar juega un rol importante en dos aspectos de la genética. Primero, las leyes de Mendel y Morgan están expresadas en términos de probabilidad. Dado el genotipo de los parentales, no es posible predecir exactamente el genotipo de la descendencia, sino describir la distribución de genotipos en un hipotético, e

---

[7]Schmalhausen, I.: *Factor of evolution*, Blakeston, Philadelphia, 1949. Dobzhansky, op. cit.

infinitamente grande, grupo de descendientes. Se pueden excluir algunos genotipos, pero en general, no hay certeza de cuál de los posibles genotipos se presentará en la descendencia. Para caracteres como el tamaño, la forma, el comportamiento y otros tantos, esta incertidumbre está además compuesta por la relación variable entre genotipo y fenotipo. Segundo, se dice que las mutaciones son aleatorias, por lo cual se entiende que los agentes mutagénicos, como los rayos X, no producen solo un tipo de cambio mutacional en cada tratamiento individual, sino una variedad de posibles mutaciones con diferentes frecuencias. La misma incertidumbre existe con respecto a las llamadas mutaciones "espontáneas", que aparecen de manera impredecible en los individuos y son de varios tipos diferentes.

Para los lysenkoistas, esta noción de azar parecía antimaterialista, porque parece producir efectos sin ninguna causa. Si existe realmente una conexión material entre el agente mutagénico y la mutación que produce, entonces *en principio* las mutaciones individuales pueden ser predichas, y las declaraciones de imprevisibilidad de los genetistas son una simple expresión de su ignorancia. Proponer que el azar es una propiedad ontológica de los eventos es un anatema para filosofía marxista.

La respuesta de la mayoría de los genetistas, y ciertamente los de la década de 1930, fue que la imprevisibilidad en la teoría genética era solo *epistemológica.* Esto significa, que los genetistas estaban de acuerdo con que había una cadena causal ininterrumpida entre los padres y la descendencia y entre el mutágeno y la mutación. Pero estos eventos causales se producían a nivel microscópico y molecular, y no eran accesibles para la observación ni eran de interés para los genetistas. Sostenían que para los fines prácticos la mutación y la segregación eran eventos azarosos. Más recientemente, los genetistas invocaron los principios de la mecánica cuántica para fortalecer la afirmación de que la imprevisibilidad de la mutación es ontológica, y en este punto entran directamente en conflicto con

la filosofía marxista. Sin embargo, esta cuestión, va mucho más allá de los problemas de la genética.

Las condiciones que crearon al lysenkoismo

Los libros de Medvedev y Joravsky muestran claramente que el dogmatismo, el autoritarismo y el abuso del poder del Estado colaboraron en la propagación y el sostenimiento de una doctrina errónea. E incluso, en establecer su primacía por un tiempo. Pero la teoría del "caciquismo" no es suficiente para explicar el desarrollo de un movimiento con un amplio apoyo, ni para explicar su forma y contexto. Una cantidad de vertientes convergen para que se desarrolle y se sostenga el movimiento de Lysenko. Estas fueron: 1) Las condiciones materiales de la producción agrícola en la Unión Soviética; 2) el problema de la experimentación agrícola bajo esas condiciones; 3) el estado de la teoría y la práctica genética en 1930; 4) las implicancias ideológicas y sociales trazadas por el mendelismo, incluyendo el movimiento eugenésico; 5) la respuesta de los campesinos al programa de colectivización que comenzó en 1929; 6) los orígenes de clase de los agrónomos y científicos académicos en la década posterior a la Revolución y el intenso movimiento cultural revolucionario en pos de popularizar la comprensión y actividad científica; y 7) la xenofobia creciente en la década 1930.

I. Las condiciones de la agricultura

No puede haber una comprensión del lysenkoismo si no se considera la dura realidad del clima y el suelo en la Unión Soviética. Puesto que es habitual, tanto dentro como fuera de la Unión Soviética, comparar la producción agrícola soviética con la americana, también es esclarecedor hacer lo mismo con la geografía. Casi toda la URSS se encuentra en la latitud de St. Paul, Minnesota (40° N), por lo tanto su régimen general de temperatura es más similar

al del oeste de Canadá, que a los Estados Unidos. La temporada de crecimiento en el cinturón más productivo, de suelo *chernozem*, es corta, y el contraste entre las temperaturas del verano y el invierno es extremo, comparado con el oeste de Canadá y los Estados Unidos. La tabla 7.1 deja este punto en claro, mostrando el incremento considerable en "continentalidad" del clima desde el oeste al este en Europa y Asia a lo largo del paralelo 50. A pesar de que la población de la Unión Soviética es un tercio más grande que la de Estados Unidos, la superficie cosechable total por año es la misma, cerca de 145 millones de has. El suelo negro rico en humus (chernozem) de la URSS, equivalente al de las Grandes Planicies y a las praderas de los Estados Unidos y Canadá, se encuentra en el estrecho cinturón este-oeste, que corre aproximadamente a lo largo del paralelo 50, desde Ucrania en el oeste, pasando por el Norte del Mar Negro, a Akmola en el este. Al sur de este cinturón de chernozem, las precipitaciones son de 254mm o menos por año y es muy árido para la agricultura. Al norte del cinturón de chernozem las precipitaciones son de 406 a 711mm por año, bastante adecuadas para la agricultura, pero el suelo es pobre, la estación de crecimiento es corta y las heladas en invierno son muy severas, por lo tanto, no favorece ni al trigo de invierno ni al de primavera. El problema general de los agricultores en esta región, es sembrar lo suficientemente tarde para que las plantas no mueran por las heladas, y lo suficientemente temprano como para abarcar una estación de crecimiento completo. El cinturón de chernozem, principal región agrícola de la Unión Soviética, se encuentra en una banda de precipitaciones marginales de entre 254 a 508mm por año.

Tabla 7.1. Factores climáticos en varias regiones agrícolas.

Ciudad	Cantidad de días libres de heladas	Diferencia entre los meses más cálidos y más fríos (ºC)
Utrecht, Países Bajos	196	16.4
Berlín, Alemania	193	19.3
Kiev, URSS	172	25.3
Járkov, URSS	161	28.3
Sarátov, URSS	151	30.6
Oremburgo, URSS	147	37.4
Akmola, URSS	129	37.3
Irkutsk, URSS	95	38.1
Pierre, Dakota del Sur	161	32.6
Hutchinson, Kansas	182	27.8
Ames, Iowa	159	30.4

Fuente: K. Klages, Ecological Crop Geography (New York, 1949)

Por este motivo, se producen frecuentes sequías, lo que provoca un fracaso catastrófico de las cosechas. Por el contrario, el cinturón de suelo negro en los Estados Unidos, que recorre de norte a sur las Grandes planicies, abarca una amplia gama de regímenes de temperatura, más leves que en la URSS, y recibe entre 381 y 635mm de lluvia por año, alcanzando 762mm las secciones orientales. Además, una amplia sección central de los Estados Unidos, justo al este de las planicies, recibe entre 762 y 1.016mm de precipitaciones, su suelo es de entre 1 a 3 de profundidad, posee una estación de crecimiento larga y templada, con temperaturas durante las noches de verano no menores a 13°C, que es ideal para el maíz. Este cinturón de maíz, que es la base de la producción alimentaria, está completamente ausente en la URSS.

El rechazo de Lysenko al maíz híbrido y su insistencia del uso de variedades locales adaptadas, generalmente es utilizado como ejemplo de los efectos contraproducentes que pueden tener las teorías no científicas. Por el contrario, Jrushchov es alabado por adoptar la variedad híbrida de maíz americano, aunque esta variedad aún no ha tenido éxito en la Unión Soviética, precisamente porque no hay un cinturón de maíz. En Estados Unidos, en áreas marginales fuera del cinturón de maíz, las variedades localmente adaptadas superan, generalmente, a las híbridas.

Las condiciones descriptas en la Unión Soviética también son desfavorables para otros cultivos. El algodón, que es principalmente producido en la región cálida y húmeda del sudeste de Estados Unidos por agricultura de secano, en la Unión Soviética debe ser regado, provocando una importante gasto, ya que las temperaturas cálidas están acompañadas por una semi-aridez.

El ejemplo más notable de los efectos prejudiciales del ambiente en los cultivos es el de la remolacha azucarera, la fuente de azúcar estándar de Europa. En Alemania y Francia, con precipitaciones abundantes durante el verano, los rendimientos a mediados de la década de 1930 fueron de cerca de 13 toneladas por acre, de los

cuales el 34% era azúcar. En URSS, con veranos secos y calurosos, el rendimiento fue de 4 toneladas por acre, con un contendido de azúcar del 27%.

Otro problema de la agricultura soviética es que la mayor parte de las tierras agrícolas no pueden ser cultivadas anualmente y no se pueden cultivar variedades de alto rendimiento, ya que extraen la humedad y los nutrientes a una tasa alta. Por ejemplo, 45 millones de acres en Kazakhstan pueden ser cultivados solo cada 2 o 3 años. Por lo tanto, la agricultura soviética debe ser más extensiva y menos intensiva que la americana, tanto en espacio como en tiempo. Asimismo, ambas son no intensivas en comparación con la mayor parte de la producción europea, por diferentes razones. La agricultura soviética es extensiva por las condiciones severas del clima y el suelo, mientras que en el caso americano, estos factores son lo suficientemente favorables para obtener mayores rendimientos sin recurrir a un uso intensivo del suelo.

La tabla 7.2 muestra el contraste del rendimiento de la agricultura intensiva de Europa occidental con respecto a la americana y la rusa para cultivos alimentarios importantes, sobre datos de entre 1930 y 1935. La producción para la URSS esta sobreestimada alrededor de un 20%, porque en la mayoría de los casos los datos fueron estimados en campo y no medidos después de la cosecha.

Tabla 7.2 Rendimiento de algunos cultivos importantes para Estados Unidos y Europa entre 1930 y 1935.

Rendimiento en bushels por acre, 1930-1035				
Cultivo	**Alemania**	**Francia**	**Estados Unidos**	**URSS**
Trigo	29.7	23.0	13.5	10.8
Centeno	27.4	18.3	10.7	13.5
Cebada	35.9	26.6	20.1	16.0
Maíz	----	----	22.1	16.3
Papas	226	164	108	120

Fuente: K. Klages, Ecological Crop Geography (New York, 1949)

En general, la agricultura soviética es llevada a cabo en condiciones no sólo marginales, sino de una gran incertidumbre y variación temporal. Las catástrofes, por las sequías o por las heladas severas invernales, ocurren de manera bastante regular. Dos sequías sucesivas en 1920 y 1921, vienen pisándole los talones a la guerra civil, causando una hambruna catastrófica en la cual perecen más de un millón de personas. Nuevamente, 1924 fue un año severo y los suministros de grano se redujeron en un 20%. Esta variabilidad y falta de fiabilidad en el comportamiento de la temperatura y las precipitaciones, y la posibilidad inmanente de una catástrofe agrícola, deben ser consideradas como elementos principales en las políticas agrícolas soviéticas.

En regiones con escasas precipitaciones durante el verano, las semillas sembradas en la primavera no pueden lograr un crecimiento suficiente antes de la estación seca. Para algunos cultivos, en particular el trigo, se desarrolló una variedad "invernal". Las semillas son sembradas y comienzan su crecimiento en el otoño, pasan el invierno como plántulas jóvenes y luego lo reanudan en la primavera,

logrando así un ciclo total de crecimiento más largo. Sin embargo, si el invierno es excesivamente severo estas variedades pueden sufrir una pérdida catastrófica. La *vernalización* es un proceso que consiste en enfriar y humedecer las semillas de las variedades invernales y luego sembrarlas en la primavera. Las semillas completan su ciclo de crecimiento sin el riesgo que producen las condiciones invernales severas. La pregunta que queda abierta es si dicho avance en el crecimiento con respecto a las variedades primaverales normales resulta en un mayor rendimiento. La vernalización se conoció en el siglo XIX, pero Lysenko adoptó y expandió su uso a todas las variedades de cultivo y situaciones. No es casualidad que el primer ensayo de vernalización a gran escala fuera realizado luego de los inviernos severos de 1927-28 y 1928-29, en los cuales se perdieron 32 millones de acres de trigo.

II. Los problemas de la experimentación y la evaluación

El método americano convencional para testar las variedades de plantas de cultivo es sembrarlas por varios años en distintos lugares y seleccionar aquellas con mayor rendimiento promedio por lugar y por año. Prestando particular atención a las variaciones por año y lugar cuando sus rendimientos promedios son muy similares. El modelo subyacente es el de la variación normal alrededor de una media, con un coeficiente de variación bastante bajo, de manera que cualquier secuencia de datos por año o lugar no se desvíe mucho de otra secuencia. De hecho, este es el modelo que subyace cualquier análisis estadístico normal de la ciencia experimental: se asume que los eventos son regulares y que son extraídos de una distribución "homogénea". Pero el clima real se comporta de manera diferente. Generalmente una secuencia de años "normales" es interrumpida en un cierto intervalo por uno o más eventos severos. Si bien los años y los lugares pueden ser promediados, el valor de ese

promedio es pobre para hacer predicciones, porque los coeficientes de variación son muy elevados.

Para hacer más clara esta distinción, se puede hacer una analogía con la ciencia experimental. Cuando se está probando una nueva técnica experimental hay un periodo durante el cual el experimentador tiene escaso control sobre las condiciones ambientales, por lo que algunas replicaciones del experimento estarán claramente desviadas y no se considerarán parte de la variación experimental normal. Hasta que el experimentador no tenga un control suficiente para evitar estos casos no podrá comenzar a acumular los datos que le permitan testar su hipótesis. La determinación de cuándo el sistema pasa de la etapa inicial incontrolable y de resultados heterogéneos a la etapa de variación controlada, es tomada de manera impresionista y representa un cambio en el modelo subyacente del universo con el cual el experimentador está trabajando. En la primera etapa, no es apropiado promediar todos los experimentos, si el experimentador está forzado a caracterizar los resultados, puede descartar algunos y promediar sólo las replicaciones "normales" que representan el "potencial" del experimento.

Este es precisamente el procedimiento seguido por los lysenkoistas y por las autoridades de agricultura, incluso cuando reportaban el rendimiento por acre antes del movimiento lysenkoista. Obviamente, tal procedimiento de descarte ha sido y puede ser usado para beneficio propio, ya que no hay una manera objetiva de decidir qué casos son "desviaciones" y cuales son "normales". No podemos dudar que este modelo "patológico" pueda utilizarse por manipuladores inescrupulosos o de manera inconsciente por ilusos. Pero la exigencia de la estadística convencional de que *todos* los datos son promediados de una manera objetiva tampoco es útil. La inmensa variación en los resultados hace que los promedios pierdan sentido para predecir correctamente.

Las recomendaciones de los lysenkoistas tenían gran atractivo precisamente porque intentaban enfrentar las condiciones

extremas. Por ejemplo, la vernalización fue diseñada para evitar las pérdidas del trigo por las condiciones invernales, y la siembra en el barro o la siembra temprana fueron diseñadas para evitar la sequía en el verano sembrando las semillas en terrenos no arados justo después de que se derrite la nieve. Es revelador que en el informe sobre vernalización, durante la discusión de la sequía de 1931, se realice una "advertencia en contra de las conclusiones negativas precipitadas de los posibles fallos de los individuos" porque "los fallos particulares son posibles y de hecho inevitables... como sucede en cualquier investigación experimental que inicia un nuevo camino".[8] Aparentemente la esperanza de los conferencistas era que este "camino experimental" se encontrara pronto bajo control para evitar los "fallos particulares".

Los procedimientos regulares de testeo de variedades y una evaluación estadística que da el mismo peso a todas las observaciones, no pueden llevarse a cabo exitosamente en el contexto de la agricultura soviética de la década de 1930, porque el nivel tecnológico era demasiado bajo como para compensar las condiciones climáticas extremas. Ni siquiera es seguro que incluso en la actualidad puedan tener éxito las técnicas de mejoramiento de plantas convencionales ni las técnicas de evaluación. Lo que se requiere es algún método objetivo para enfrentar la incertidumbre. Tal vez pueden usarse los conceptos de soluciones de *mínima* y de *máxima* en el juego contra una naturaleza caprichosa, aunque el sarcasmo sería genial ya que la teoría de juegos es un desarrollo propio de la economía burguesa.

III. El estado de la teoría genética

La teoría lamarckiana postula que las características adquiridas por los organismos como respuesta al ambiente durante su vida, pueden transmitirse a la descendencia. Estas ideas nunca fueron

---

[8] Joravsky, op. cit., p. 84.

refutadas, sino que fueron abandonadas por el desarrollo de la genética moderna. La refutación canónica de Lamarck es el trabajo de Weismann. En el experimento clásico de Weismann, el hecho de cortar la cola a varias generaciones de ratones, no produjo ratones con colas más cortas. Sin embargo, esto era irrelevante para la hipótesis de Lamarck, ya que nunca afirmó que las mutilaciones eran heredables. La afirmación de Lamarck era que las respuestas adaptativas activas son transmitidas a la siguiente generación y en apoyo de esta afirmación hubo un cuerpo de datos experimentales impresionantes.

Entre los experimentos lamarckianos clásicos podemos mencionar los de Guyer, el cual encontró defectos en los ojos de la descendencia de los conejos a los que se había inyectado anticuerpos para la córnea;[9] el trabajo de Jollos sobre la transmisión de la resistencia al calor y otros caracteres inducidos por el tratamiento con calor aplicado a *Drosophila melanogaster*;[10] los argumentos de Cunningham sobre la evolución de la colmena[11] y los experimentos sobre el comportamiento de MacDougall. En las plantas, Daniel estudió la hibridación por injerto y Lesage adaptó el berro a condiciones particulares y propuso que la transmisión de la adaptación se mantenía seis o más generaciones.[12] Bolley trabajando con lino en Dakota del Norte, pretendió inducir la resistencia a una enfermedad

---

[9]Guyer, M. F.: "The germinal background of somatic modifications", *Science*, nº 71, 1930, p. 169-176..

[10]Jollos V.: "Inherited changes produce by heat treatment in *Drosophila melanogaster*", in *Genetics*, nº 16, 1934, p. 476-494.

[11]Cinningham J. T.: "Evolution of the hive bee", in *Nature*, nº 125, 1930, p. 857.

[12]Daniel, L.: "The inheritance of acquired characters in grafted plants", in *Proceedings of the International Congress of Plant Science*, nº 2, 1926, p. 1024-1044. Lesage, P.: "Sur la précocité: étapas du caractère provoqué, au caractère hérité définitivement fixé. Application à la prediction de primeurs", en *Comptes Rendues de l'Académie d'Agriculture* nº 182, 1924.

y transmitir dicha resistencia.[13] Alrededor de 1939, Eyster describió experimentos sobre el crecimiento del maíz en diferentes partes de Estados Unidos.[14] Los granos mostraron diferentes patrones de colores y "bajo las condiciones de California muchos de los cambios en el color se extendieron al plasma germinal y por lo tanto pasó a ser genético." Reynolds afirmó que la alimentación con extractos de tiroides a los escarabajos de la harina tenía un efecto mayor sobre la próxima generación que en los animales alimentados con tiroides.[15] El argumento de Weismann no estaba basado, simplemente, en sus resultados experimentales negativos. Antes de redescubrir las leyes de Mendel, él había formulado la diferencia entre el germoplasma (o material hereditario) y el somatoplasma (el resto del cuerpo). Y había argumentado que la herencia de los caracteres adquiridos era imposible justamente por esta separación del somatoplasma y el germoplasma en etapas tempranas del desarrollo. Revisando este argumento embriológico, Berrill y Liu concluyeron que

"no hay duda que él (Weismann) interpretó en sus observaciones ideas que en algún sentido estaban en el aire... Pero es principalmente sobre la base de una estricta recapitulación que Weismann propuso la migración de las células germinales primordiales, adhirió a esta idea de manera tan obstinada que parecía defenderla hasta el punto de ignorar la verdad. Su interpretación del origen de las células germinales

---

[13]Bolley H. L.: "Indication of the transmission of an acquired characters in flax", *Science* nº 66, 1927, p. 301-302.

[14]Eyster, W. H.: "The effect of environment on variegation patterns in maize endocarp", in *Genetics*, nº 11, 1926, p. 372-386.

[15]Reynolds J. M.: "On the inheritance of food effects in the flour beetle, Tribolium destructor", in *Proceedings of the Royal Society of London*, nº 132, p. 438-451 1945. Véanse también los textos de Berrill y Liu, Federley, Finesinger, Harrison, Klebs, Konsuloff, Lesage, MacBride, Nopsca, Pfeffer, Sladden y Hewer, Stevenson, Sturtevant, Suster, Swarbrick, Vernon y Wilson y Withner, citados en la bibliografía al final del libro.

de *Coryne* sirve para ilustrar cuán lejos puede llegar la imaginación para que se ajusten a una idea preconcebida... Sin embargo, el peso de la autoridad de la combinación Weismann-Nussbaum convenció a muchos investigadores posteriores de la existencia de hechos que no habían podido observar."[16]

Una forma especial de la herencia de los caracteres adquiridos, con una larga historia previa a Lysenko, es la hibridización por injerto. Según esta idea las plantas injertadas adquieren y supuestamente transmiten alguna característica de su injerto asociado. El injerto es más efectivo si se realiza en etapas tempranas del desarrollo. Así técnicas tales como trasplantar embriones de plantas al endospermo (lugar de almacenamiento de nutrientes) de otras variedades o producir endospermos genéticamente diferentes utilizando una mezcla de polen, provee las condiciones más favorables para la hibridación vegetativa. El proceso equivalente en animales es el uso de una mezcla de esperma: el esperma que penetra en el huevo de la gallina sin realmente fecundar el núcleo se metaboliza por un instante y sirve como guía interna del desarrollo. Bailey discutió los usos del injerto en la propagación de las plantas y agregó

"hay ciertos casos, sin embargo, en el que el vástago parece participar de la naturaleza del tronco y otras en el que el tronco participa de la naturaleza del vástago. Hay casos registrados de cambios en el sabor de la fruta cuando el vástago se coloca sobre el tronco que porta las frutas de un carácter diferente. Las investigaciones de Daniel muestran que el tronco debe tener un influencia específica sobre el vástago, y que los cambios resultantes pueden heredarse a través de las semillas."

En consecuencia, cuando Lysenko y sus seguidores comenzaron a presentar afirmaciones de cambios directamente heredables

---

[16]Berrill N. J. y Liu C. K.: "Germplasm, Weismann and Hydrozoa", in *Quarterly Review of Biology*, nº 23, 1948, p. 124-132.

en la década de 1930, el lamarckismo no era una reliquia muerta que se desempolvó del pasado. A pesar que había sido rechazada universalmente, por casi todos los genetistas, estaba muy viva en la paleontología y la horticultura y poseía una amplia bibliografía de resultados experimentales que nunca habían sido refutados adecuadamente.

Los genetistas eran, en general, indiferentes a la tradición lamarckiana. La consideraban una herencia de la cultura pre-científica. A medida en que se enfrentaban al lamarckismo, lo rechazaban porque los organismos utilizados no estaban bien caracterizados. Las características supuestamente modificadas no eran claras, como el fenotipo de las moscas de la fruta mutantes y los informes de la investigación eran deficientes, especialmente en la sofisticación estadística. Los genetistas asumieron que los resultados lamarckianos podían ser explicados por procesos de selección ocultos. En todo caso, el éxito impresionante de la genética mendeliana y la teoría cromosómica hacía simplemente innecesario considerar la vaga alusión a interacciones fisiológicas en explicaciones de dudosa afirmación por autores no del todo respetables. La comunidad académica es tan pequeña como cualquier pueblo chico y el declarar a alguien chiflado o poco creíble, trae aparejado una serie de impedimentos que van desde provocar una sonrisa hasta dificultades para publicar, o algunas mayores, como poder estudiar o convertirse en un desempleado. Esto está justificado si la persona en cuestión carece de credenciales académicas formales, como Burkbank y Michurin, pero también se aplica a colegas rebeldes. Por lo tanto, una comunidad científica completa puede estar conscientemente al tanto de la existencia de colegas díscolos, pero desconocer, intelectualmente hablando, la presencia de corrientes disidentes.

Mientras tanto, la genética misma estaba cambiando y algunos fenómenos nuevos eran difíciles de asimilar. Por ejemplo, la modificación Dauer, cambios inducidos en pequeños organismos que fueron transmitidos de manera decreciente por al menos 20

generaciones. Se estaban describiendo nuevos tipos de materiales y la herencia extracromosómica. Se postuló la existencia de partículas hereditarias fuera del núcleo ("genes extranucleares") y se insinuaba el rol especial de los ácidos nucleicos en la herencia. Los lysenkoistas vigilaban de cerca esta bibliografía. Para ellos, las hipótesis ad hoc y los datos ignorados presagiaban la caída final de la teoría del gen.

Las reacciones antagónicas a los experimentos de Griffith por parte de los genetistas y los lysenkoistas, muestran cómo dos paradigmas opuestos pueden salir fortalecidos a partir de la misma experiencia.[17] Existen una cantidad diferentes de cepas de neumococos (bacterias causantes de varias enfermedades, entre ellas la neumonía), que se distinguen por ser o no ser virulentas y por presentar o carecer de una cápsula. Griffith descubrió que los neumococos vivos de una variedad pueden adquirir algunas características de bacterias muertas de una cepa distinta, ambas inyectadas en un animal hospedador (por ejemplo, adquirir la capacidad de formar una cápsula). Desde el punto de vista de la genética, este fue un paso importante en la identificación del ácido nucleico como material genético. Desde el punto de vista de los lysenkoistas, la herencia de una cepa de bacterias era transformada al ser expuesta a un ambiente específico (las bacterias muertas de la otra cepa). Esta transformación era, por definición, la herencia de un carácter adquirido, y el experimento era ampliamente citado por los lysenkoistas. El punto crucial es que ellos estaban en lo cierto en términos formales, y fue esta precisión formal la que les ocultó completamente el significado científico de los experimentos. Este mismo tipo de aproximación caracterizaba el tratamiento por parte de los lysenkoistas de otras anomalías genéticas o citológicas. La genética mendeliana afirmó que el núcleo controlaba la herencia,

---

[17] Griffith, F.: "The significance of penumococcal types", *Journal of Hygiene*, nº 27, p. 113.

pero rechazó los llamados genes extranucleares. Suponía que los cromosomas eran arreglos lineales de genes, sin embargo las microfotografías de cromosomas mostraron que eran estructuras no lineales con cientos de rulos o bucles saliendo de los cromosomas en una estructura "en escobilla". Todas las posibilidades científicas que se abrieron a partir de los fenómenos recientemente descubiertos fueron oscurecidas por un legalista "¿es esto o no la herencia de caracteres adquiridos?"; "¿muestra o no la herencia extranuclear?"; "¿es el cambio genético dirigible o no?".

IV. Implicancias ideológicas y sociales de la genética

Es esencial distinguir entre lo que podemos llamar la "estructura teórica mínima" de la ciencia, la cual es dependiente de los supuestos ideológicos implícitos, y una especie de superestructura ideológica que es construida sobre la estructura mínima pero que no está lógicamente implicada por ella. Para la genética mendeliana, la estructura mínima incluye las leyes de Mendel y los principios weismanianos que postulan que la sustancia material, cuyo comportamiento es descripto por las leyes medelianas, no puede ser alterada de manera directa y adaptativa por la información del ambiente, sino que el fenotipo de un organismo es la consecuencia de las actividades biosintéticas de los genes en una secuencia particular de condiciones externas e internas. La superestructura ideológica que se ha establecido sobre esta teoría por varios genetistas incluye la noción de los "límites" puestos al fenotipo por el "potencial" genético, la noción de que lo heredado es, de alguna manera, fijo e inalterable y que los organismos están "determinados" por sus genes. Actuando como si la superestructura ideológica fuera, de hecho, la sustancia de la genética, los genetistas sacan de contexto la estructura mínima en sí misma. Zavadovsky presintió el ataque inevitable sobre la genética mendeliana que estaba siendo sugerido por el determinismo biológico y genético y comprendió el elitismo

eugenésico pernicioso que los genetistas estaban colocando dentro de la ciencia.[18] También alertó sobre la reacción contraria de los ambientalistas extremos que intentarían destruir toda la genética a fin de imponer la plasticidad y perfectibilidad de la sociedad humana. Él fue el primero, hasta donde sabemos, en señalar que el lamarckismo era antiprogresivo, ya que implicaba que siglos de degradación y embrutecimiento de los trabajadores y campesinos los habían hecho genéticamente inferiores.

A mediados de 1920 la mayor parte de los genetistas soviéticos y occidentales propagaron una ideología eugenésica elitista y racista. Koltsov y Filipchenko, entre otros, discutieron la posibilidad de producir tipos humanos superiores a partir, tanto de la intelliguentsia como como de los miembros de las clases bajas que habían estado a la vanguardia de la revolución. Los eugenistas también afirmaron que los "mejores" elementos genéticos estaban cruzándose con los "peores" y que esta tendencia podría empeorar sin el control de la población. Esta clase de determinismo genético ingenuo del comportamiento humano invita naturalmente al ataque ideológico.

El tratamiento del gen simplemente como una cifra, un dispositivo de contabilidad, desacopla la genética de la fisiología. Así Bateson explicó la visión mendeliana en el Congreso de Horticultura de New York más o menos de la siguiente manera, "el organismo es una colección de características. Podemos quitar el color amarillo y colocar el verde, quitar la altura y colocar el enanismo".[19] Este desacople, tan atractivo para los genetistas y los reduccionistas analíticos anglo-americanos, era ofensivo para el

[18]Zavadovsky, B.: "The 'physical' and the 'biological' in the process of organic evolution", in *Science at the Crossroads*, op. cit.
[19]Bateson, W.: *Mendel's principles of heredity. A defense.*, Cambridge University Press, Cambridge, 1902.

grupo de Lysenko, que consideraba la herencia como un caso especial (aunque no muy especial) de fisiología.

Los genéticos mendelianos, que hicieron que las posibilidades de la selección artificial dependieran de la ocurrencia fortuita de genes útiles (una pequeña minoría de los mutantes), impusieron límites al progreso del cultivo de plantas que, por las necesidades del momento, eran socialmente inaceptables para la agricultura soviética. Por otro lado, un modelo en el cual la creación de la variación hereditaria ocurre al mismo ritmo que su selección, prometía un progreso sin límites, una vez que el conocimiento fisiológico fuera lo suficientemente sofisticado.

Los rasgos utilizados por los genéticos mendelianos para desarrollar y argumentar su teoría son los mutantes bien definidos de *Drosophila* y algunos otros organismos. Estos mutantes son una variante de tipo especial y además, por lo general, son inviables en la naturaleza. Para facilitar el seguimiento, se seleccionaron mutantes de expresión invariable, mientras que se ignoraron los procesos complejos de expresión variable, tan comunes como adaptativos y los rasgos de importancia agronómica. Muchos de los mutantes y anormalidades cromosómicas fueron artificialmente inducidas por radiación en dosis mucho mayores de las que se encuentran en la naturaleza, como para que parezca que la genética mendeliana trata una clase especial de fenómeno de laboratorio pero no podría tratar con problemas como la adaptación de los árboles frutales en el extremo norte.

V. La reacción de los campesinos a la colectivización

A diferencia de la revolución China, que tuvo una base política sólida entre los campesinos, la revolución bolchevique no podía contar con un campesinado revolucionario, a pesar de que el 80% de la población era rural. Entonces mientras la agricultura china pasó de cooperativa a principalmente colectiva por la persuasión y

el voluntarismo local, el campesinado ruso impregnado de la noción pequeño burguesa de la propiedad privada de la tierra, alentada por la economía de mercado de la Nueva Política Económica, no estaba preparado para la colectivización requerida en una economía racional socialista. Para los campesinos rusos y ucranianos, la colectivización significaba apropiación de la tierra y de los productos agrícolas por parte de la población urbana. Para el campesino era lo mismo si el producto de su trabajo era tomado por un terrateniente o por un gobierno revolucionario. Después de todo, no era su revolución.

La demanda apremiante de alimentar a la población trabajadora urbana forzó a la colectivización a proceder de una manera mucho más rápida que lo que el estado político del campo podía soportar. Cuando comenzó en 1928 la masificación de la colectivización de la agricultura, sin haber encarado antes la larga y difícil tarea de sumar a los campesinos a la revolución, se encontraron con una resistencia enérgica y con el sabotaje. Se arruinó la producción agrícola arando sobre los sembrados, negándose a sembrar y cosechar, masacrando al ganado y atacando a los funcionarios del sector agrícola. Esta fuerza se encontró con una fuerza mayor y más terrible por parte del Estado, que finalmente impuso la colectivización, con un gran costo en vidas, riqueza material y desarrollo político. El rendimiento del cultivo en 1929-30 fue de un 15 a 20% menor que los valores antes de la colectivización y mucho menores que las proyecciones optimistas del primer Plan Quinquenal. Los escritores adversos, como Joravsky y Jasny culpaba por esta pérdida al programa de colectivización antes que al uso de la fuerza de los campesinos y el sabotaje para proteger sus propiedades privadas. Este punto de vista cegó a estos autores de la realidad de la "destrucción" y el "sabotaje" (los cuales siempre ponen entre comillas) que caracterizaron a la agricultura soviética al final de 1920 y en 1930.

Era totalmente razonable para los funcionarios agrícolas creer que las acusaciones de "destrucción" apuntadas por los lysenkoistas contra sus oponentes era la explicación del fracaso de los métodos propuestos. Una atmósfera de hostilidad y desconfianza, basada en una amarga experiencia, permeó la relación entre los órganos estatales agrícolas y la masa de agricultores. Aquí llegamos a otro aspecto del modelo de producción normal-anormal discutidos en relación al clima. El sabotaje real de la producción agrícola llevó a sospechar que los casos de fracaso del método michurinista, que después de todo había mostrado un notable éxito durante *algunos* años en *algunos* lugares, debía ser el resultado de las condiciones anormales creadas por la resistencia deliberada de los saboteadores entre los agricultores y científicos.

VI. Los orígenes de clase de los científicos y agrónomos

Las sospechas del gobierno y del partido hacia la mayoría de los científicos académicos "puros", incluyendo a los genetistas, surgieron, en parte, de la trayectoria real de esa capa intelectual. La mayoría de los principales científicos de 1930 habían sido miembros de la clase media intelectual de la Rusia pre-revolucionaria. Muchos habían aprobado la revolución de Febrero pero se habían opuesto fuertemente a los bolcheviques. Hombres como Vavilov, entusiasta de la revolución socialista en los primeros tiempos y que mostró un gran interés por la posibilidad de una ciencia y una agricultura en una nueva sociedad, eran la excepción. Sin embargo, la mayoría de los especialistas en agricultura y los científicos fueron mantenidos en sus cargos ya que el Estado parecía no tener otra opción. Esto ocurrió no sólo en ciencia, sino en todas las ramas de la tecnología y la dirección. Para evitar un colapso completo, los gerentes y tecnólogos antipáticos al socialismo tuvieron que ser empleados. Las

autoridades soviéticas eran conscientes de las dificultades en esos vestigios pre-revolucionarios.[20]

Por el contrario, Lysenko representaba el equivalente ruso del "sembrador a caballo", tenía orígenes campesinos y había recibido la mayor parte de su entrenamiento después de la revolución. Una y otra vez la polémica entre los lysenkoistas y sus opositores contrastaba al "clero" de la ciencia "aristocrática y de guantes blancos" con el "hijo de campesinos" que era "analfabeto" y "con dificultades para expresarse". Esta contienda entre la clase media intelectual decadente y los agrónomos prácticos con las manos en la tierra se extendió sutilmente al conflicto entre teoría y práctica, una vulgarización del marxismo. Cada aspecto del conflicto sobre la agricultura era un conflicto revolucionario. Se colocaban los valores desinteresados, elitistas, teóricos, científicos puros y educados de la clase media contra los valores comprometidos, entusiastas, prácticos, aplicados y autodidactas de los nuevos poseedores del poder. Es por esto que el lysenkoismo fue un intento de revolución cultural y no simplemente un "asunto".

Uno de los elementos de la revolución cultural fue el terror. Joravsky, luego de un minucioso análisis, concluyó que "de cualquier manera que uno lo investigue, el registro público no va a sostener la creencia común de que el aparato de terror trabajó de manera consciente y consistente con los lysenkoistas para promover su causa."[21] Considerando la división clásica entre genetistas y lysenkoistas, según Joravsky hubo una mayor cantidad de genetistas víctimas del terror revolucionario que lysenkoistas. No se puede dudar de la existencia del terror revolucionario, la preponderancia de lysenkoistas entre los funcionarios del Estado y las sugerencias de estos tenían acceso a los órganos del terror, cuestión que habría

[20]Carr, E. H.: *La revolución bolchevique, 1917-1923*, Alianza, Madrid, 1974.

[21]Joravsky, op. cit.

sido más que suficiente para inhibir las actividades públicas de los genetistas. Las especulaciones de la forma en que hubiera operado el terror revolucionario si no hubiera habido divisiones históricas y de clase entre lysenkoistas y genetistas realmente no toma en cuenta el punto de que la lucha *fue* en gran medida un conflicto de clase.

Una disputa entre agricultores y genetistas no implica necesariamente una *cause célèbre* nacional. Sin embargo, bajo las condiciones soviéticas de 1930, rápidamente se transforma en un asunto público. Uno de los primeros logros del régimen soviético fue la publicación masiva. Mucho antes de que los libros de bolsillo se convirtieran en un negocio lucrativo en Estados Unidos, la URSS publicó por millares clásicos mundiales, trabajos científicos, poesía y ensayos políticos en ediciones económicas. La ubicuidad de las librerías es una de las características sorprendentes de las ciudades socialistas en todo el mundo. La ciencia jugó un rol especial en la alfabetización general. Había una conciencia extendida del atraso relativo de la Unión Soviética y la urgencia de un rápido avance tecnológico a través de la ciencia. El desarrollo de la Academia de Ciencias en las repúblicas no-rusas era considerado un paso importante para liquidar los vestigios culturales del colonialismo zarista en Asia Central y el Cáucaso. Este interés de la ciencia surgió con la vieja creencia tradicional socialista de que la comprensión científica puede colaborar en la transformación en un mundo mejor. Esa creencia hizo que la evolución y a la cosmología fueran parte de la educación general de los trabajadores socialistas, y antes de eso llevó a Engels a escribir ensayos de matemática, fricción de mareas, evolución humana y cosmología.

El interés cultural soviético en la ciencia fue especialmente estimulado por las teorías más amplias a gran escala. El concepto de biosfera de Vernadsky, de biocenosis de Sukachev, que intentaban tratar con sistemas enteros, como un bosque; la ciencia del suelo de Vasili Williams que trata al suelo como un sistema vivo en coevolución con su vegetación y las prácticas agrícolas; la exploración

del origen de la vida por parte de Oparin, y de la organización del comportamiento por parte de Pavlov, ambos intelectualmente emocionantes y estéticamente atractivos.

La voluntad práctica aplicada a la agricultura y a la provisión de alimentos incrementó la atención y el interés general por la ciencia. En este caso Lysenko tuvo una decisiva ventaja. Él estaba en la ofensiva, prometiendo avances mientras los genetistas abogaban por la precaución. Lysenko movilizó una gran cantidad de agricultores innovadores, cuyas hazañas en las parcelas de las granjas colectivas se dieron a conocer junto con las de los innovadores estajanovistas de la industria. La emoción de las teorías radicales audaces, la inventiva popular, el rechazo a la estrechez de la visión de la academia elitista frente a la novedad y el desafío a la sabiduría recibida crearon un engreimiento exuberante, tal como Stalin lo describió algunos años antes en su panfleto "Los éxitos se nos suben a la cabeza".[22] La exaltación de los logros de los primeros años de la revolución llevó a un sentimiento de omnipotencia, de atreverse a hacer lo imposible, de intolerancia hacia los escépticos, que Stalin era capaz de percibir, describir y denunciar, a pesar de que no podía resistirlo.

VII. Xenofobia

La autoridad del establishment académico que desconfiaba de los lysenkoistas incluía genetistas soviéticos y extranjeros. Este sentimiento fue originalmente parte de la exuberancia iconoclasta y anti-elitista compartida por otros sectores de la sociedad. Pero a medida que las cuestiones políticas y filosóficas preponderaban en el debate, la ciencia extranjera fue vista, cada vez más, como

[22] Stalin, J.: "Los éxitos se nos suben a la cabeza", en *Obras Completas*, tomo XII, p. 71. En https://www.marxists.org/espanol/stalin/obras/oe15/index.htm.

enemiga, como parte del bloqueo capitalista. Con el supuesto ingenuo de una relación simple de uno a uno entre el punto de vista de alguien en genética y su punto de vista político general, los lysenkoistas utilizaron las actitudes anti-soviéticas o racistas de los genetistas extranjeros para desacreditar su ciencia. La simpatía con aquellas visiones científicas era tomada como simpatía con los políticos extranjeros, y cualquier vínculo intelectual cercano entre los científicos soviéticos y los extranjeros justificaba la sospecha de deslealtad. En poco tiempo, la demanda saludable de independencia intelectual soviética se convirtió en una xenofobia grotesca. Por esta vía los opositores a Lysenko estaban sujetos represión política. El episodio más notorio fue el arresto de Nikolai I. Vavilov en agosto de 1940. Vavilov, pionero en genética de plantas y en la evolución de las plantas de cultivo, fue capturado durante un viaje de campo en el oeste de Ucrania acusado de actividades de destrucción. Los cargos incluían la pertenencia a una conspiración derechista, espiar para Inglaterra, liderar el partido campesino, saboteos en la agricultura y vínculos con emigrantes anti-sovieticos. Fue sentenciado a muerte por la corte militar, y a pesar de que luego la condena fue reducida a diez años de prisión, Vavilov murió en la cárcel en 1943.

Desde el punto de vista de los lysenkoistas, los cargos de deslealtad eliminaban a sus principales opositores y silenciaban otras posibles críticas. Pero para el punto de vista del aparato policial la perspectiva científica de las víctimas y los contactos internacionales eran simplemente evidencias de actividades anti-soviéticas. El boicot intelectual (decisiones deliberadamente erróneas hechas con el propósito de sabotaje), era una acusación importante en la Unión Soviética. A comienzos de 1930 varios ingenieros británicos fueron condenados, de manera aparentemente justa, por sabotear algunos de los proyectos del Primer Plan Quinquenal. Luego, en las grandes purgas, varios físicos fueron acusados falsamente de asesinar al escritor Máximo Gorky por prescribir un tratamiento que dañó a sus pulmones, que ya eran débiles. Esta tradición continúo en

el periodo de la posguerra con el infame caso de los médicos, en el cual destacados facultativos fueron acusados de conspirar para matar a los líderes soviéticos.

No sería correcto interpretar la histeria xenófoba de los momentos anteriores a la preguerra y de los inicios de la posguerra como un simple resurgimiento del nacionalismo ruso. Representa una nueva forma de xenofobia típicamente socialista, derivada de una apreciación distorsionada de los problemas reales. Los científicos de los países postcoloniales son muy conscientes de la necesidad de independencia intelectual. Reconocen que la hegemonía occidental en la ciencia es un instrumento de dominación. Son conscientes del peligro del excesivo respeto hacia los centros establecidos de ciencia, que conducen a una ilegítima transferencia de la técnica, refuerzan la estructura social jerárquica y elitista de la ciencia y promueven la ideología de la tecnocracia neutral. En este contexto, la lección de la xenofobia socialista no sería que los científicos socialistas deber retornar al refugio de la comunidad internacional de la ciencia (en gran parte burguesa) como la única alternativa a la confusión lysenkoista, sino realizar una evaluación y selección activa de aquellos aspectos de la ciencia extranjera que pueden ser incorporados en la estructura socialista de la ciencia, y una resistencia militante del colonialismo científico. Esto requiere un rechazo total al marxismo dogmático, simplista y burocrático que ve sólo la unidad del fenómeno y equipara la filosofía, el contenido científico, el contexto social y la ideología política de la ciencia extranjera, sin ver heterogeneidad y contradicción en ella. Ideológicamente, significa una reafirmación del análisis dialéctico y este, a su vez, depende de una discusión abierta, no de un decreto administrativo.

Ascenso y caída del lysenkoismo

En 1940 estaba aún vivo el debate sobre cuestiones genéticas en la URSS, pero en 1948 Lysenko había ganado el respaldo oficial del partido y de los ministros. Algunos de sus opositores perdieron sus posiciones; los que fingieron acompañarlo continuaron en sus institutos. Algunos fueron transferidos a los programas de biofísica bajo la protección del Instituto de Física. Unos pocos, como Schmalhausen, llevaron a cabo una energética defensa de la genética. Lo que pasó en el ínterin fue, por supuesto, la guerra, la reconstrucción y la Guerra Fría. En 1946, en Fulton, Missouri, Churchill anunció la Guerra Fría. En 1947, la Kominform (Oficina de Información de los Partidos Comunistas y Obreros) fue organizada para reemplazar la Komintern ya en desuso, y Andrei Zhdanov llevo adelante su tesis de un mundo dividido en dos campos. Los comunistas fueron expulsados del gobierno de la coalición de la posguerra en Francia e Italia y en 1949 fue firmado el Tratado del Atlántico Norte, la primera de las redes de alianzas dominadas por Estados Unidos para rodear al mundo socialista. Cesó el contacto intelectual efectivo entre lysenkoistas y genetistas. Algunos partidarios de Lysenko asistieron a congresos internacionales de genética, pero los soviéticos anti-lysenkoistas no aparecían incluso cuando estaban en el programa. Los congresos de genética lamentaron su ausencia e hicieron planes para instar a la deserción y ofrecerles puestos de trabajo en el oeste.

Mientras tanto, la mayoría de los trabajos de los lysenkoistas eran ignorados en los países capitalistas donde, aparte de las ocasionales citas de afirmaciones absurdas para burlarse, el interés se centró en los abusos administrativos de un lysenkoismo agresivo respaldado por el Partido Comunista Soviético. El desinterés por el aspecto científico de la disputa fue tal que, en 1948, un anuncio en *Science* ofreció la traducción de varios de los mejores trabajos de investigación lysenkoistas y sólo respondieron ocho personas. En el

contexto de la Guerra Fría, la sola sugerencia de que los trabajos de Lysenko deberían ser examinados le costó a Ralph Spitzer su cargo como profesor de química de la Universidad del Estado de Oregón.

El contacto limitado entre los lysenkoistas y los genetistas se dio a través de los soviéticos anti-lysenkoistas y los genetistas del este de Europa y científicos occidentales, o bien pro-comunistas, o no tan cegados por el anticomunismo histérico de esos tiempos como para negarse a examinar las evidencias. Schmalhausen en la URSS y Waddington en Gran Bretaña finalmente fueron capaces de demostrar las bases de un caso aparente de herencia de los caracteres adquiridos, a partir del descubrimiento de la asimilación genética, proceso por el cual las diferencias genéticas latentes entre las poblaciones son reveladas pero no creadas por un tratamiento ambiental y luego están disponibles para la selección. Algunos investigadores dispersos en Japón, Francia, Suiza, Gran Bretaña y Estados Unidos repitieron algunos experimentos del grupo de Lysenko, pero fueron excepciones.

Biólogos destacados de varios países occidentales fueron expulsados de los partidos comunistas por su oposición tanto a Lysenko como al respaldo del partido de Lysenko. Así se bloqueaba otra vía de comunicación. En el contexto de la Guerra Fría y de la doctrina de los "dos campos", el lysenkoismo se volvía más fuerte y oportunista políticamente, y más estridente en sus afirmaciones. Mientras que antes el lysenkoismo enfatizaba que no era para nada fácil modificar la herencia de un organismo y que las respuestas al ambiente son difícilmente perceptibles, más tarde pretendían transformar trigo en centeno de un solo paso. Los lysenkoistas nunca fueron tan ignorantes de la genética occidental como los genetistas lo eran de los trabajos de los lysenkoistas. Sin embargo, utilizaban sú bibliografía para buscar "admisiones", admisiones de una teoría genética incompleta, de la comprensión del comportamiento de los cromosomas, de los posibles casos de herencia extranuclear, entre otras. Por ejemplo, Prezent citó a Franz Schrader, el citólogo americano,

admitiendo (en la discusión en el famoso encuentro de agosto de 1948 en la Academia Lenin de Ciencias Agrícolas) que "en la citología de *Drosophila* hay muchos aspectos que no se ajustan a lo que hemos establecido como el curso estándar de eventos." Esta búsqueda de lagunas, admisiones, ambigüedades, síntomas de crisis en genética, tenía algo del espíritu de los Testigos de Jehová en relación a la evolución, en donde los comentarios de los paleontólogos sobre interrupciones en el registro fósil son tomados como evidencias de que toda la teoría es falsa y que sus practicantes más perspicaces reconocerían esto.

Este enfoque, que interpretamos como una interpretación cruda y simplista de la doctrina de los dos campos, de acuerdo a la cual la ciencia socialista tuvo que rechazar y derribar la ciencia burguesa en su totalidad, hizo extremadamente difícil para los biólogos soviéticos responder a los nuevos fenómenos en genética. Todos los resultados eran considerados como prueba de la doctrina de Morgan-Mendel o como fuera de ella.

Poco tiene que ver, con la decadencia del lysenkoismo, la refutación experimental o la reinterpretación de resultados de sus trabajos. Mientras que mantuvo su coherencia institucional, administrativa e ideológica, el lysenkoismo podía filtrar argumentos o evidencias perturbadoras, asimilar los resultados de la genética en su propia estructura y permanecer intacto. Un paradigma tiene un límite semipermeable. La caída del lysenkoismo fue acelerada por el desarrollo de la genética moderna solo después de que perdió su protección. En primero lugar, no cumplió sus promesas en relación a la agricultura soviética. La agricultura seguía siendo un tema crítico en la economía, durante y después de la administración de Jrushchov. Pero la misma causa que había provocado el auge del Lysenko en 1930 ahora tenía un efecto contrario. Mientras tanto, la planificación y la administración económica se habían vuelto cada vez más despolitizadas, un dominio de expertos y técnicos. Las consignas ya no eran tanto la innovación revolucionaria sino

la eficiencia sistemática, la contabilidad de costos y los balances; el objetivo no era desarrollar una alternativa, la tecnología socialista, sino adoptar los métodos americanos más avanzados. Este cambio fue simbolizado por la visita de Jrushchov a la granja Garst en el cinturón maicero estadounidense.

Al mismo tiempo, fue abortada la incipiente revolución cultural de los elementos populistas antielitistas de la era de Stajánov y de campesinos innovadores y se reconsolidó el prestigio de la autoridad académica. Tal vez por esta razón el lysenkoismo mantuvo un cierto atractivo en aquellos países que luchan activamente contra la elite académica. Se rechazó la represión administrativa de Lysenko, pero aún se dictan cursos sobre "Darwinismo-Michurinismo" en algunos colegios agrícolas de países socialistas y los profesores visitantes son consultados sobre este tema. En algunos países capitalistas ciertas sectas maoístas son pro-Lysenko, algunas vagamente, otras con gran firmeza y convicción. Por ejemplo, un panfleto del Movimiento Estudiantil de Sussex en 1971 describió a Lysenko como un

"gran defensor del método materialista de investigación y del estudio de las ciencias naturales, que se opuso firmemente a todos los métodos no-científicos que, en biología, 'buscaban' hechos para probar ideas preconcebidas, que aún se promueven hoy en día. Porque Lysenko apoyó el método científico en la búsqueda de la verdad a partir de los hechos, ahora él es considerado chiflado por los científicos 'expertos'."

Con el fin de la más estridente retórica de la Guerra Fría y el desarrollo de la estrategia de la coexistencia pacífica, el modelo de los dos campos de la ciencia perdió su atractivo. El énfasis se colocó en señalar el terreno en común y las similitudes de las ciencias soviética y americana. Las advertencias esporádicas de que la coexistencia en la política internacional no implica una coexistencia ideológica fue, al menos en la ciencia, una acción inútil de retaguardia. La

oposición del lysenkoismo y la genética tradicional, anteriormente una cuestión de orgullo, ahora eran vergonzosas. El debilitamiento del poder de policía de la política, el regreso de genetistas exiliados, la urgencia de ajustar cuentas con los aspectos represivos de las administraciones anteriores, coincidió con la ideología de los especialistas: la demanda de la libertad de investigación científica, no sólo de la imposición de demandas políticas ideológicas, sino también de la influencia de la ideología y la política en general.

¿Afectó el lysenkoismo a la agricultura soviética?

Comúnmente se asume que las técnicas agrícolas y las doctrinas filosóficas lysenkoistas tuvieron efectos serios sobre la producción agrícola. Después de todo, si la genética es importante para el cultivo de las plantas, y el cultivo de las plantas es importante para la producción agrícola, entonces los errores graves propagados por los lysenkoistas deben haber interrumpido el progreso de esta última. Pero, ¿cuál es la evidencia de dicha interrupción? Para cualquier cifra de la producción agrícola que consideremos, se puede afirmar que su valor hubiera sido mayor si no hubiese estado afectada por el lysenkoismo. Pero esta lógica contrafáctica podría ser utilizada en el sentido contrario, podríamos decir que la producción agrícola hubiese sido *menor* a no ser por lysenkoismo. Lo que podemos hacer es comparar históricamente la producción agrícola soviética con la americana, antes, durante y después del predominio del lysenkoismo. Así, tendremos una comparación interna a través del tiempo y una comparación cruzada. ¿Se podrá ver en esa comparación el efecto negativo postulado del lysenkoismo? Para hacer dicha comparación elegimos observar el cultivo del trigo, ya que la vernalización del trigo de invierno fue la primera recomendación lysenkoista y con la que ha sido identificado. La tabla 7.3 muestra los índices de producción de trigo desde 1926 a 1970 en la Unión Soviética y

en los Estados Unidos (los índices de la producción agrícola total muestran la misma tendencia).

Los valores que corresponden a la Unión Soviética durante 1930, están sobreestimados más del 20%, pero las cifras obtenidas después de la guerra no sufren este problema, ni por el año base elegido para la estimación. La comparación es notable. Por diferentes razones, tanto la productividad americana como la soviética decrecieron durante 1930. En los Estados Unidos por la depresión que redujo el capital invertido en la agricultura y en la URSS por los problemas políticos asociados con la colectivización, como también por los problemas de inversión de capitales. Durante los años de la guerra la URSS sufrió una pérdida catastrófica en la productividad, mientras que en Estados Unidos la productividad se recuperó. A comienzos de 1950 ambos países comienzan un período de rápido crecimiento en la producción. Si bien en ambos casos fue paralelo, el crecimiento soviético fue de alguna manera mayor.

Tabla 7.3 Rendimiento relativo del trigo en base a los años 1926-1928.

Años	**Estados Unidos**	**Unión Soviética**
1926-1928	100 (14.83 bu/acre)	100 (6.69 bu/acre)
1929-1931	98	104
1932-1934	82	93
1935-1937	87	97
1938-1940	96	113
1941-1944	118	---
1945-1947	118	72
1948-1950	116	106
1951-1953	116	135
1954-1956	128	130
1957-1959	159	172

1960-1962	169	184
1963-1965	175	162
1966-1968	181	213
1969-1970	207	236

Fuente: *Historical Statistics* (U.S Bureau of the Census, 1975).

Notamos que entre 1948-1962, cuyo período corresponde a un momento de hegemonía de los lysenkoistas en la agrobiología soviética, ¡se produce el periodo de mayor crecimiento en producción por acre! Más aún, considerando la hipótesis de un tiempo de retraso, suponiendo que los efectos del lysenkoismo en la investigación genética se verían más tarde, no coincide con el continuo crecimiento observado de rendimiento por acre. Incluso, los datos de la tabla más notables son los que muestran que durante ese periodo la superficie total ocupada de trigo en la Unión Soviética aumentó de 30 millones a 45 millones de acres, mientras que la superficie americana se redujo de 60 a 45 millones de acres. Entonces, la producción soviética aumentó a pesar de la incorporación al cultivo de cantidades importantes de tierras nuevas y marginales, mientras que el proceso inverso estaba ocurriendo en Estados Unidos.

En el caso de cultivos y situaciones particulares, las doctrinas lysenkoistas pueden haber constituido un obstáculo para resolver algunos problemas específicos (por ejemplo, en los cultivos resistentes a enfermedades) pero no hay evidencia de que la agricultura soviética fuera dañada. La producción soviética siguió las mismas tendencias al alza de los rendimientos obtenidos con tecnologías más avanzadas, sobre todo como resultado de una capitalización masiva de la agricultura, a través del uso de pesticidas, fertilizantes y maquinaria agrícolas.

¿Puede haber una ciencia marxista?

Los comentaristas burgueses utilizan al lysenkoismo para demostrar, de manera contundente, que la conciencia ideológica no puede informar la práctica científica y que "la ideología no tiene lugar en la ciencia". Por otro lado, algunos escritores aún mantienen una posición lysenkoista porque creen que los principios del materialismo dialéctico contradicen las afirmaciones de la genética. Ambas posturas provienen de una vulgarización de la filosofía marxista, en el primer caso, a partir de una hostilidad deliberada, y en el segundo, de ignorancia. No hay elementos en Marx, Lenin o Mao que contradigan el hecho físico particular o los procesos de un conjunto particular de fenómenos naturales en el mundo objetivo, porque lo que ellos escribieron sobre la naturaleza fue a un nivel alto de abstracción.

El error de los lysenkoistas surge de aplicar un análisis dialéctico de los problemas físicos de un modo equivocado. El materialismo dialéctico no es, y nunca ha sido, un método programático para resolver un problema físico particular. Más bien, el análisis dialéctico provee una visión global y un conjunto de señales de atención contra formas particulares de dogmatismo y de pensamiento estrecho. Nos dice, "recuerda que la historia puede dejar una marca importante. Recuerda que ser y convertirse son aspectos duales de la naturaleza. Recuerda que las condiciones cambian y que las condiciones necesarias al comienzo de un proceso pueden ser destruidas por el proceso mismo. Recuerda poner atención en los objetos reales en el espacio y el tiempo y no perderlos por completo en abstracciones idealizadas. Recuerda que los efectos cualitativos del contexto y de la interacción pueden perderse cuando se aísla el fenómeno." Y sobre todo, "recuerda que todas las otras advertencias son solo recordatorios y señales de atención cuya aplicación en diferentes circunstancias en el mundo real es contingente".

Es una tarea imposible intentar hacer más, tratar de distinguir entre teorías competidoras de eventos físicos o desacreditar una teoría física por contradicción. Para cada punto de la genética que supuestamente contradice al materialismo dialéctico, podemos mostrar que hay un apoyo completo. A la afirmación lysenkoista de que el mendelismo es idealista y formal, respondemos que, por el contrario, Mendel resolvió el problema de la herencia precisamente por concentrarse en el patrón real de variación entre la descendencia producto de un cruzamiento, y no tratando de reunir los resultados en una simple descripción idealizada, como otros habían hecho. El descubrimiento revolucionario de Mendel fue que la variación era la cosa en sí misma, y que a partir del estudio del patrón de variación se podían juntar, en un mismo mecanismo, los dos aspectos aparentemente contradictorios de la herencia y la variación. Considerar los dos elementos "contradictorios", herencia y variación, como aspectos duales del mismo fenómeno fue un triunfo del pensamiento dialéctico. Por supuesto, hay un cierto nivel de abstracción incluso en Mendel, y él tuvo cuidado de eliminar de su análisis algunas variaciones reales. Pero los esquemas de reproducción en *El Capital* también son abstracciones, en cada caso el grado de abstracción es apropiado al problema y esto no lo hace menos claro.

A la afirmación lysenkoista de que la genética erige a los genes como inmutables o invariables, respondemos que por el contrario una característica *esencial* de la genética es la mutabilidad y la variación de los genes. Si los genes no fueran mutables, la genética no podría estudiarse, ya que no habría variación heredable. A la afirmación lysenkoista de que la hipótesis de los genes asume que Dios debe haber creado los primeros genes, respondemos, "recuerda que las condiciones necesarias para el inicio de algún proceso pueden ser destruidas por el proceso mismo". De hecho, al comenzar a comprender las condiciones del origen de la vida y de la evolución prebiótica, un triunfo de la biología soviética, vemos cómo

la evolución de la vida ha destruido la posibilidad de la biogénesis actual.

A la afirmación lysenkoista de que la genética erige una barrera entre los genes, el soma y el ambiente, respondemos que, por el contrario, la genética molecular y del desarrollo han elucidado la vía material exacta que va desde el ADN a la proteína y al ambiente (la vía de la síntesis de proteína) y del ambiente a la proteína y al ADN (la vía de represión e inducción de los genes). Pero estas vías no suceden para incluir cambios dirigidos en el ADN por las contingencias del ambiente, ya que no hay una vía causal material para esos cambios dirigidos. Afirmar que el principio de interacción dialéctico demanda que todas las formas posibles de interacción deben existir *ipso facto,* es puro idealismo metafísico.

A la afirmación de que la genética no tiene una visión "correcta" de las condiciones internas y externas para el cambio, respondemos con la metáfora de Mao *Sobre la contradicción.* Esta expresa que a una temperatura adecuada un huevo se transforma en un pollo, pero una piedra nunca se convertirá en pollo a ninguna temperatura. Precisamente, esta es una paráfrasis del punto de vista de la genética del desarrollo, que asegura que va a producirse un dado fenotipo sólo si los genes de ese organismo están operando en un ambiente apropiado, pero que solo algunos genotipos pueden tener ese resultado, sin importar cuál es el ambiente.

Una visión dialéctica puede hacer una gran cantidad de contribuciones positivas en biología, pero los lysenkoistas no las siguieron consecuentemente o las aplicaron en niveles inadecuados. El marxismo remarcó la unidad de la estructura y el proceso. Los lysenkoistas tenían razón en rechazar la visión que busca explicaciones en términos de estructuras visibles. Era valioso investigar los diversos procesos fisiológicos que acompañan la fusión visible de los núcleos celulares. Pero al contraponer los procesos a la estructura, su visión fue más parecida al anarquismo, que ve a las estructuras como rigidez, muerte y enemigo del proceso. El énfasis

en el proceso terminó viendo a la célula como una mancha de interconexiones entre manchas. En última instancia, conservaron la dicotomía estructura-proceso.

El marxismo remarcó la totalidad de las cosas, tanto entre el organismo y su contexto como entre organismos. Incluso entre los estudiantes universitarios marxistas en 1940, en Estados Unidos, había discusiones sobre la necesidad de la retroalimentación desde el citoplasma hacia los genes en el desarrollo. Pero Lysenko no consideraba seriamente la autonomía relativa de los subsistemas, mientras que el dogma de la genética solo permitía una sola dirección de interacción. No fue hace mucho que surgió la visión de la genética moderna en la cual los metabolitos se combinan con algunos genes para regular la actividad de otros genes. No es claro para nosotros si el propio marxismo de Monod era relevante para ese descubrimiento.

El marxismo resaltó la integración del fenómeno a diferentes niveles de organización, pero los lysenkoistas vieron solo los niveles intermedios, esto es, el organismo y su fisiología. Era un esquema unidimensional, en el cual se descartaban los eventos moleculares como posibles intrusiones y se ignoraban los niveles correspondientes a la población y la comunidad como entes dinámicos en genética y evolución. Esto a pesar del contemporáneo trabajo pionero de Gause en Moscú, que inauguró la ecología moderna de la coexistencia.[23]

La visión de la evolución como una simple consecuencia de las modificaciones genéticas individuales significaba que los lysenkoistas no tenían una teoría evolutiva distinta a la de la adaptación. A pesar de que el marxismo remarcó la compenetración de un objeto y su entorno y a pesar de que los lysenkoistas remarcaron la importancia del ambiente, nunca lo demostraron. No diferenciaron entre lo regular o lo esporádico, los aspectos del ambiente predecible o

[23]Gause, G.: *The struggle for existence*, Hafner, New York, 1934.

impredecible, locales o globales, con variaciones cortas o largas. Por lo tanto no podían separar los diferentes tipos de respuesta adaptativa en los niveles del individuo o la población.

Los primeros marxistas ya habían señalado la íntima relación entre los eventos azarosos y los deterministas, en los que las cadenas de causalidad remotamente relacionadas parecen casualidad, los procesos aleatorios tienen resultados determinados, y en general, las categorías no son mutuamente excluyentes. Pero al vincular el principio de incertidumbre y de indeterminación a un ataque a la causalidad y la inteligibilidad del universo, los marxistas soviéticos se volvieron hostiles al rol creativo de los procesos aleatorios en evolución, por lo tanto se produjo un sesgo en contra de la mutación como fuente de variación y en contra de los modelos probabilísticos de la genética de poblaciones. Un marxismo ingenuo hizo de Lysenko el enemigo del cambio.

Una forma en la cual el punto de vista marxista puede formar parte del trabajo científico es alentando un paradigma alternativo al método analítico cartesiano. Esta alternativa subraya las propiedades del sistema como el objeto *primario* de estudio, en oposición al énfasis convencional de los elementos separados, al que se añaden como un refinamiento secundario las interacciones entre ellos. La metodología del análisis de varianza, que separa efectos principales e interacciones, lleva el análisis en una dirección bastante diferente de la de un análisis de un sistema complejo. Esto último no significa un holismo oscurantista que niega la posibilidad de extraer conexiones materiales causales. El mayor éxito de un análisis de los sistemas complejos, en parte, a partir de una aplicación consciente de la visión marxista del mundo, es la teoría de la comunidad ecológica, con su énfasis en la matriz de la comunidad y de la interacción entre las especies.[24]

[24] Levins, R.: *Evolution in changing enviroments*, Princeton University Press, Princeton, 1968.

El uso más común del enfoque marxista es el análisis de la contradicción aparentemente irresoluble en una ciencia (un análisis marxista no es la *única* manera de resolver tal contradicción, como lo demuestra la historia de la teoría de la relatividad). Por ejemplo, en genética evolutiva en la actualidad hay serias contradicciones entre la explicación estándar y la observación de la variación genética entre especies. Pero las explicaciones, de que está todo en equilibrio y de las teorías del estado estacionario sin permitir ningún rol a los procesos históricos, están basadas en genes simples más que en genomas completos. Cuando se analizan sistemas genéticos complejos y cuando los supuestos de equilibrio son puestos en cuestión, la contradicción desaparece.[25]

Hemos descripto el movimiento de Lysenko como un fracaso en varios aspectos. Mediante la vinculación de una posición en relación a cuestiones científicas con un partidismo político básico, atrajo al conjunto del aparato represivo a la genética y tuvo efectos desastrosos en la biología soviética en su totalidad y en muchos científicos individuales. Al depender cada vez más del apoyo del partido y la administración, socavó su propio potencial para una revolución cultural anti-elitista. También fracasó en cumplir su promesa como una revolución científica y revitalizadora de la tecnología agrícola.

El potencial y las limitaciones del movimiento de Lysenko se pueden remontar a la misma fuente: la estructura filosófica marxista (que aporta intuiciones excitantes, pero limitadas en su posibilidad creativa) y, detrás de ésta, la brecha social entre la URSS rural y urbana. Esta brecha divide al marxismo en dos direcciones: el dogmatismo filosófico complejo e involucionado de los marxistas académicos profesionales y el marxismo popular, de sentido

---

[25]Lewontin R. C., Darwin, Ch. and Mendel, G.: "the materialist revolution", in *The heritage of Copernicus: Theories "more pleasing to the mind"*, Harvard University Press, Massachusets, 1974.

común, ingenuo, simplista y en ocasiones anti-intelectual de los innovadores lysenkoistas.

Podría haberse fortalecido la visión proporcionada por el marxismo y haberse limado sus asperezas si no fuera por la forma de cómo se interpretó el modelo de los dos campos. La confrontación entre la ciencia socialista y burguesa fue vista, en la metáfora militante, como una batalla implacable que culminaría con la victoria o la derrota. No había posibilidad de interacción. Los escritos de los científicos enemigos producían escándalos o rechazos. Ya hemos señalado como esto impidió cualquier asimilación creativa de un nuevo desarrollo de la genética. También se hizo partidismo en la prueba de calidad, lo que resultó en una disminución del nivel general de las investigaciones lysenkoistas. Estableció una única forma de interacción externa entre la filosofía y la ciencia, en la cual los filósofos interpretaban y bendecían o condenaban una visión científica particular, pero los avances científicos nunca desarrollaron la riqueza teórica del marxismo. Hay cierto peligro de que los errores del movimiento lysenkoista y la recurrente vulgarización del marxismo, que aún ahora repite los mismos errores, inhiban a los científicos marxistas de hacer un uso fructífero de su visión del mundo. Esperamos que una comprensión apropiada de la historia del movimiento lysenkoista sea útil de alguna manera para traer una visión profunda del marxismo a la práctica de la ciencia.

Capítulo VIII

La mercantilización de la ciencia

La ciencia moderna es un producto del capitalismo. La base económica de la ciencia moderna es la necesidad de los capitalistas no sólo para expandirse horizontalmente dentro de nuevas regiones, sino para transformar la producción, crear nuevos productos, hacer los métodos de producción más rentables y hacer todo esto antes que otros que están haciendo lo mismo. Sus fundamentos ideológicos son congruentes con sus necesidades y también con la filosofía política de la revolución burguesa (individualismo, creencia en un mercado de ideas, internacionalismo, nacionalismo y rechazo de la autoridad como base del conocimiento).

A medida que el capitalismo se desarrolló, también lo hicieron las formas en las cuales se desarrolló la ciencia. Desde un consumo lujoso para la aristocracia (junto con los músicos de la corte y los bufones), la ciencia se transformó en un arma ideológica importante en la lucha contra la teología feudal y en un recurso para resolver los problemas prácticos de la economía. Luego de la larga depresión de la última parte del siglo XVIII, hubo un resurgimiento definitivo de inventos e innovaciones en la industria y la agricultura. El número de patentes registradas en Gran Bretaña subió de 92 durante la década de 1750 a 477 en la de 1780. Durante ese tiempo se establecieron las sociedades agrícolas y los avances en la cría y manejo

de animales dieron como resultado la formación razas de ganado vacuno, como la Hereford. Se duplicó el peso de la comercialización de ganado vacuno en Londres en el transcurso del siglo XIX, y el de corderos se triplicó. A principios del siglo XIX comenzaron a publicarse revistas agrícolas.

Los líderes de la revolución burguesa reconocieron el potencial de la investigación científica para el poder militar y comercial. Entre las primeras sociedades científicas está la Royal Society, en 1662, la Academia Americana de las Artes y la Ciencia, fundada en 1780 por los líderes de la revolución en Nueva Inglaterra, la Sociedad Filosófica Americana Franklin (1768) y el Observatorio Naval en Greenwich (1675). En Francia el Directorio fundó la Ecole Polytechnique en 1795 y Napoleón instó a los científicos a desarrollar municiones, así como fabricar una tintura índigo sintética para reemplazar las importadas de la India, que estaban interrumpidas por la guerra. El estudio sistemático y la catalogación de los recursos biológicos de las regiones tropicales conquistadas por los países europeos llevaron a un florecimiento de la biología sistemática bajo el mando de Linneo. Para 1862, la Morril Act en Estados Unidos creó las Land Grant Colleges en artes agrícolas y mecánicas, en reconocimiento a la importancia del conocimiento científico para el mejoramiento de la agricultura y la minería.

Durante todo el primer siglo de la revolución industrial, la ciencia amplió su rol como un aspecto externo a la expansión del capital, como en el caso de carreteras o faroles, y como una forma de resolver problemas particulares (como con la identificación, por parte de Pasteur, de *Phytophora*, que amenazaba con acabar con la industria del vino en Francia). Pero la ciencia aun no era una mercancía. Sus aplicaciones eran aún inciertas, su potencial no estaba aún explotado, sus productos eran a menudo las explicaciones de una innovación empírica previa.

La producción de mercancías, el gasto de trabajo humano para producir objetos o servicios para la venta, ciertamente antecede al

capitalismo. Pero bajo el capitalismo la forma mercancía penetró aceleradamente en todos los aspectos de la vida humana. En 1607, en *Timón de Atenas*, pocas veces representada, Shakespeare lamentó su comercialización:

"¿Qué es eso? ¿Oro amarillo, brillante, precioso?
Este oro podría volver blanco lo que es negro; hermoso lo que es feo; justo lo que es injusto; noble lo que es vil; joven lo que es viejo; valiente lo que es cobarde.
Dioses, ¿a qué viene esto? ¿Qué es esto, dioses?
Esto alejará de vosotros a vuestros sacerdotes y a vuestros servidores, y quitará la almohada en la que reposa el enfermo.
Este esclavo amarillo, consagrará promesas para infringirlas; bendecirá al maldito; hará adorar la podredumbre de la lepra; sentará a ladrones en el banco de los senadores, confiriéndoles títulos, homenajes y alabanzas."[1]

Dos siglos más tarde, Marx y Engels escribieron en el *Manifiesto Comunista*:

"Dondequiera que ha conquistado el poder, la burguesía ha destruido las relaciones feudales, patriarcales, idílicas. Las abigarradas ligaduras feudales que ataban al hombre a sus 'superiores naturales' las ha desgarrado sin piedad para no dejar subsistir otro vínculo entre los hombres que el frío interés, el cruel 'pago al contado'. Ha ahogado el sagrado éxtasis del fervor religioso, el entusiasmo caballeresco y el sentimentalismo del pequeño burgués en las aguas heladas del cálculo egoísta. Ha hecho de la dignidad personal un simple valor de cambio. Ha sustituido las numerosas libertades escrituradas y adquiridas por la *única* y desalmada libertad, la libertad de comercio (...) La burguesía ha despojado de su aureola a todas las profesiones que hasta entonces se tenían

[1]Shakespeare, William: *Timón de Atenas*, Biblioteca Virtual Universal, biblioteca.org.ar/libros/131615.pdf, p. 62.

por venerables y dignas de piadoso respeto. Al médico, al jurisconsulto, al sacerdote, al poeta, al hombre de ciencia, los ha convertido en sus servidores asalariados."[2]

Las actividades que previamente eran el resultado de la interacción humana (entretenimiento, apoyo emocional, aprendizaje, recreación, cuidado de los niños, incluso la sangre humana, los órganos para transplantes o el uso del útero) habían ahora entrado al mercado, donde las relaciones humanas se esconden detrás de la compra y venta impersonal. En cada momento, cada aspecto de la vida es mercantilizado, aunque algunas veces se exprese resistencia a raíz de la indignación de la degradación de los valores anteriores. Cuando se liberó el precio del pan para que respondiera al mercado, estallaron los disturbios por el pan entre la clase obrera inglesa; la mercantilización de los medios de comunicación y el monopolio de la información llevaron a los delegados del Tercer Mundo a manifestar sus preocupaciones a la UNESCO en 1980 y a llamar a un nuevo orden de la información. La mercantilización del cuidado de la salud obligó a las personas a reclamar por un servicio o seguro nacional de salud.

Entonces, la mercantilización de la ciencia no es sólo una transformación sino una parte natural del desarrollo del capitalismo. No discutimos esto para expresar nuestra indignación, sino para examinar las consecuencias de este cambio en la actividad científica.

La forma mercancía establece equivalencias entre objetos muy diferentes. A pesar de que un camello no es equivalente a una manta, el valor de un camello es equivalente al valor de cierto número de mantas: $C \neq M$, pero $V(C) = V(M)$. Por medio de los valores de cambio cualitativamente equivalentes de los objetos, es posible comercializarlos y, de esa manera, transformarlos unos en otros.

[2]Marx, Carlos y Federico Engels: *El manifiesto comunista*, Sarpe, Madrid, 1985, p. 30-31.

El mercado hizo lo que el alquimista no pudo: en 1980, el plomo se puede transformar en oro en una proporción de 500 libras de plomo por una onza fina de oro. Esta habilidad para establecer equivalencias entre objetos disimiles hace que el comercio sea la forma predominante de intercambio para los productos del trabajo humano fuera del hogar individual. Hay por supuesto otras formas de intercambio, como la costumbre de hacer regalos, compartir, redistribuir en periodos difíciles o intercambios ritualizados. Pero incluso la distribución intrafamiliar puede estar dominada por relaciones mercantiles, como cuando la mejor comida se le da al asalariado o cuando las mujeres tienen que luchar para controlar sus propios ingresos.

La mercantilización también implica un paso gigante en el pensamiento abstracto, en el cual objetos distintos son vistos como similares económicamente pero diferentes físicamente. La diferencia y la similitud son prerrequisitos para el comercio. Antes que el intercambio sea completamente mercantilizado y antes que el valor de intercambio emerja como una propiedad económica objetiva de las mercancías, el intercambio debe ser lo suficientemente frecuente como para operar con la ley de los grandes números. Las preferencias idiosincráticas de los compradores individuales, sus habilidades relativas para regatear o sus urgencias personales se diluyen cuando los mismos objetos son regularmente comprados y vendidos, cuando un comprador puede rechazar una oferta y buscar el mismo producto en otro lugar o cuando el productor puede esperar por otros clientes. La mercantilización se hace más profunda cuando los inversores pueden colocar su capital en aquellos emprendimientos que les prometen grandes ganancias, y la disponibilidad de mano de obra les permite tratar a las personas, incluso las muy competentes, como fuerza de trabajo humana en general, con un costo de producción intercambiable.

Al final del siglo XIX la producción científica era una parte esencial de la industria química y eléctrica. No se transformó en

una mercancía a una escala masiva hasta la mitad del siglo XX. Como tal tiene las características que enumeramos a continuación.

La investigación se convirtió en una inversión empresarial

Entre el 3 y el 7% de los gastos que realizan las corporaciones de las industrias técnicas corresponde a investigación y desarrollo. La inversión en investigación, que es una forma más de invertir capital, compite con otras formas, por ejemplo, el incremento de la producción de productos existentes, aumento de la publicidad, contratación de abogados o lobistas, adquisición de negocios en otras ramas, conciliación con los sindicatos, sobornos para los ministros de los posibles países clientes, etc. Todas estas formas son medidas unas con otras utilizando una escala de maximización de la ganancia (ver capítulo 11).

Es un hecho reconocido que los gastos en investigación son los primeros en ser recortados cuando una corporación sufre un revés económico, ya que la innovación técnica no tiene una recompensa inmediata, mientras que aumentar la publicidad, los costos de la mano de obra y materiales, se reflejan en las ganancias de manera inmediata. Los estudios sobre las decisiones en las corporaciones muestran que el horizonte de decisión típica de los gerentes es de un máximo de 3 a 5 años. Como la investigación no tiene una recompensa dentro de ese periodo, es más prescindible. Al mismo tiempo, los costos de investigaciones de largo plazo son socializados, cambiando el lugar de trabajo de un emprendimiento individual a las instituciones públicas como universidades e institutos nacionales. De esta manera, utilizan la subvención fiscal, ninguna firma individual necesita arriesgar capital y el costo total se reparte en toda la base imponible. En las últimas etapas del desarrollo, cuando estas investigaciones socializadas se aproximan a la producción de un producto con valor comercial, vuelven a manos privadas a fin de obtener la propiedad exclusiva. Esta situación ocurre, por

ejemplo, en el desarrollo de nuevas variedades para la agricultura. Las estaciones experimentales estatales desarrollan líneas, que luego son liberadas para ser certificadas por los productores de semillas. Finalmente, estas líneas se convierten en propiedad general y son tomadas por las compañías de semillas que las "ajustan" y luego se las venden a los agricultores.

Las empresas consultoras representan la forma más extrema de inversión en investigación, cuyo producto exclusivo es el informe científico (en 1983 en el área de Boston, fueron contratadas entre cien y doscientas firmas para realizar consultas ecológicas). Resulta obvio que el control de calidad del informe no es la revisión entre pares, sino la satisfacción del cliente. Si se trata de una evaluación de impacto ambiental, satisfacer al cliente significa convencer a la autoridad regulatoria apropiada de que la compañía está cumpliendo con la ley y que sus actividades no son dañinas, todo esto a un costo mínimo. La relación entre la firma consultora y el cliente corporativo es compleja. La consultora prefiere un gran contrato a uno pequeño, por lo tanto puede impulsar una investigación más a fondo de lo que el cliente quiere. Por otro lado, como es un campo muy competitivo, las consultoras deben mantener los costos bajos. Todo esto da como resultado que la consultora haga una investigación suficiente como para asegurarse que el fallo ambiental va a ser favorable, documentar aquellos problemas que probablemente surjan y no buscar problemas. Esto es altamente riesgoso para las firmas consultoras. Su principal activo es la buena voluntad de sus clientes, porque su capital consiste sólo en algunas instalaciones de cómputos y muebles de oficina. Por este motivo se produce una alta tasa de rotación de empresas de consultoría ambiental.

Una vez que el informe científico se convierte en una mercancía, está sujeto a otras dos características del mundo de los negocios: la diligencia puede ser secuestrada y la cerveza puede ser aguada, esto es, las mercancías científicas pueden ser robadas o falsificadas. Estos tipos de espíritu empresarial, la apropiación del trabajo de otros y

la falsificación de los resultados para publicar informes exitosos o para derribar a los competidores, son un problema en crecimiento. A pesar de que ocurrieron fraudes científicos en el pasado (todos recordamos el fraude de Piltdown, donde las peleas por la prioridad ocurrieron entre individuos que competían por el prestigio), en la actualidad los fraudes científicos tienen una base económica racional y es esperable que estos aumenten.

Los descubrimientos científicos se volvieron cuantificables

Una corporación puede estimar cuánto tiempo le puede llevar en promedio desarrollar una nueva droga o computadora, con cuánto trabajo y a qué costo. Por lo tanto, una compañía de investigación y desarrollo o una división corporativa considera a la actividad científica como un trabajo humano generalizado, antes que una forma particular de resolver problemas.

Los científicos se volvieron "mano de obra científica"

Por lo tanto, están sujetos a los costos de producción, intercambio y supervisión gerencial. La división del trabajo dentro de la ciencia, la creación de especialidades y las jerarquías se vuelven cada vez más racionalizadas. La parte creativa del trabajo científico está cada vez más restringida a pequeñas fracciones, los científicos, mientras que el resto está altamente proletarizado. Esto significa que perdió el control no sólo de elegir el problema y el enfoque, sino de las actividades que realiza diariamente, e incluso, cada hora.

La organización científica del trabajo, desarrollada en primer lugar por la industria automotriz en el infame sistema taylorista en Ford, luego se extendió al comercio, al trabajo de oficina y a la investigación científica. El enfoque gerencial ve la fuerza de trabajo como un objeto que se utilizará con fines empresariales. La fragmentación de las habilidades y el consecuente aumento de la

especialización no deriva de las necesidades intelectuales de un campo sino de la contabilidad de los costos empresariales: es más barato entrenar a un hematólogo o analista de orina de laboratorio que preparar dos médicos técnicos generales. En consecuencia su fuerza de trabajo es más barata, los salarios son más bajos y las partes obsoletas pueden ser despedidas y reemplazadas. Además, la fragmentación y descalificación consolidan el control sobre la fuerza de trabajo dividida.

A su vez, la descalificación en el trabajo científico produce mayor alienación, el productor no comprende el proceso total de producción, no sabe hacia dónde va o cómo, y tiene pocas oportunidades de ejercitar su inteligencia creativa. Una vez que el trabajo está alienado en este sentido, una vez que la ciencia es sólo un trabajo, es necesario aumentar la supervisión. El agravante de esta supervisión es que profundiza la alienación, alienta la corrupción y la indiferencia. Además toma el control de las manos de los científicos y se las da a los gerentes. Los propios investigadores, e incluso los administradores de la ciencia, ya no son los principales responsables de sus pares, esto se realiza en niveles más altos de la jerarquía, en los controladores de recursos. Un subproducto de este fenómeno es que las propuestas de investigación presentadas a los organismos correspondientes se hacen más largas, detalladas y cautelosas y son un reflejo menos honesto de las intenciones de la investigación. Los adjudicatarios del dinero para investigación, preocupados por justificar sus decisiones, optan por la cautela y demandan cada vez más documentación.

El trabajo científico debe ser producido en sí mismo

El objetivo de las universidades y las escuelas de formación profesional es preparar los diversos niveles de mano de obra científica a bajo costo, convirtiendo el proceso educativo en un servicio externo para el departamento de personal de empresas privadas. Esto

presiona a los educadores en pro de la eficiencia económica, no tener estudiantes sobrecalificados, concentrarse en lo que necesitan saber (lo que su empleador requiere), acortar la duración del estudio de postgrado, conseguir más doctorados para incrementar los ingresos. En niveles elementales de educación esta presión significa "volver a lo básico". El enfoque utilitario no es universal y tampoco tan crudo. A veces, los educadores tienen sus propias metas que entran en conflicto con las tendencias sociales imperantes. Pero incluso los programas más innovadores producen personas útiles para las tareas de gobierno menos definidas y para mantener el sistema flexible.

Los científicos reaccionan a esta mercantilización de maneras opuestas. Por un lado, lo deploran. Muchos de ellos, reclutados de la clase media, eligen la ciencia pensando escapar del mundo del comercio. Eligieron emplearse en un tipo de trabajo cuyo producto tenía un valor de uso, que valía la pena por sí mismo y no por su valor de cambio. Lamentan la pérdida del viejo espíritu de corporación y de una dedicación desinteresada por la verdad, que era el mito de la organización de la ciencia anterior a su mercantilización. Lamentan la proletarización del trabajo científico y la pérdida de autonomía, y tratan de resistir de manera individual la imposición del control gerencial y la determinación burocrática del valor. Incluso, si están organizados, evitan apelar al sindicato.

Por otro lado, los científicos se apresuran a tomar ventaja de las nuevas oportunidades empresariales Durante el breve periodo de la abundancia americana posterior al Sputnik, algunos eligieron una carrera en ciencia como una de las tantas alternativas para obtener recompensas financieras. Del total de los científicos trabajando en Estados Unidos, alrededor de dos tercios están empleados en la industria y negocios privados, donde el objetivo reconocido es la búsqueda de beneficios económicos.

Esta condición transicional de los científicos, de un estrato de profesionales intelectuales en proceso de perder sus status

profesional y ser incorporados dentro de la estructura del capitalismo, exacerba las contradicciones en su posición ideológica y acción social. Estas varían de afirmaciones desafiantes de responsabilidad y disidencia individual, a través de una crítica cautelosa y una estudiada indiferencia, a una adulación servil; desde una resistencia elitista a ser burocratizado y proletarizado, a una participación realista y entusiasta de un nuevo orden, incluso a la alianza con otros sectores alienados en la lucha contra el capitalismo.

Como resultado de este desarrollo, la división de clases que impregna a nuestra sociedad en su totalidad, también atraviesa el rango de la ciencia. La mayoría del millón aproximado de trabajadores científicos en los Estados Unidos forma parte del proletariado científico, venden su fuerza de trabajo y no tienen control sobre el producto o la forma de trabajo. En el extremo opuesto, unos cientos forman la burguesía científica, invirtiendo en investigación y determinando la dirección de la investigación y el desarrollo. Entre estos dos extremos esta el grupo de la pequeña burguesía profesional trabajando por su cuenta o en pequeños grupos en universidades o institutos de investigación. Estos últimos pueden estar motivados por una gran diversidad de asuntos, pero sus actividades dependen cada vez más de obtener financiamiento de las agencias del gobierno, fundaciones privadas o corporaciones. Para ellos la beca de investigación es una necesidad. Y la relación entre beca e investigación se ha ido transformando gradualmente: inicialmente la beca era un medio para la investigación, para los "entrepreneurs" de la ciencia; actualmente la investigación se convirtió en un medio para una beca.

Los insumos del capital se han convertido en la mayor industria para la ciencia

Estos insumos incluyen químicos, aparatos, medios de cultivo, cepas estandarizadas de animales de laboratorio e información

científica. Una consecuencia es que el desarrollo de la tecnología científica está separado de la investigación científica que intenta servir. La tecnología no está dirigida a encontrar la manera más barata o mejor de estudiar la naturaleza sino que está dirigida a obtener ganancia en un mercado específico.

En los países del Tercer Mundo los representantes de ventas instan a los institutos científicos nuevos a tener el "mejor" equipamiento, el "más moderno", mucho antes de que haya piezas de repuesto, o servicio de reparación o que esté disponible la energía eléctrica. El presidente de un país del Tercer Mundo puede posar para la foto en la entrega del nuevo y brillante electroencefalograma de dieciséis canales para el instituto de psiquiatría, pero jamás lo haría para el ensayo de prueba de cubos llenos de puré de plátano utilizado para el estudio de las moscas de la fruta. Es más espectacular fundar un instituto que mantenerlo funcionando. Por lo tanto, a lo largo del Trópico hay una rica tradición de instalaciones subutilizadas, rotas o abandonadas.

Actualmente cuesta cerca de 100.000 dólares al año mantener a un científico trabajando en los Estado Unidos, el equivalente al salario de 5 trabajadores industriales o de servicio. En los países del Tercer Mundo, los salarios de los científicos son menores, pero el equipamiento y los suministros son mayores, y a veces no hay infraestructura disponible. Se requiere el trabajo de quince o más trabajadores para proporcionar los recursos para sostener a un científico.

Originalmente, las revistas científicas eran publicadas por las sociedades científicas para reemplazar las comunicaciones personales. Sin embargo, en la actualidad las editoriales se han trasladado a los libros o revistas de publicaciones científicas. Los representantes de las compañías adulan y engatusan a los científicos para que escriban otro libro en, por ejemplo, genética de poblaciones, con el argumento de que "ya tenemos buenas ventas en genética molecular y genética del desarrollo, y este tema completaría la línea". Lo

que se publica ahora depende de la necesidad del editor para llenar la revista y la necesidad del autor para ser publicado en tiempo y evaluar su permanencia, la búsqueda de empleo o un aumento de sueldo. La pregunta que raramente aparece es, ¿se necesita esta publicación? En consecuencia, una parte significativa de la explosión de información hiper-citada es realmente sólo ruido.

La mercantilización de la ciencia universitaria es consecuencia de las necesidades financieras de las universidades. Es considerada por los científicos como una inversión de cuatro maneras: para obtener becas de investigación de las agencias del gobierno y las corporaciones, para convertir los informes científicos en relaciones públicas y el prestigio en dotaciones, para aumentar la "posición" de la universidad como base para aumentar la matrícula y atraer estudiantes, y finalmente, para compartir las patentes de las invenciones hechas por profesores universitarios. Como resultado, la asignación de recursos dentro de la universidad está influenciada por el prestigio y la capacidad de ingresos de los distintos programas. En varias universidades, los científicos denunciaron presiones por parte de los administradores para cambiar sus investigaciones en direcciones más prósperas, como la ingeniería genética.

Las condiciones de existencia del estrato científico en la economía capitalista refuerzan las creencias y las actitudes científicas recibidas como parte de la herencia general liberal-conservadora. A pesar de una amplia gama de variaciones en las creencias científicas, y a pesar de las creencias contradictorias que todos tenemos, existe fehacientemente una ideología implícita que puede ser designada como burguesa. Esta ideología incluye las siguientes características:

Individualismo

La visión burguesa atomista de la sociedad, como se aplica en la ciencia, afirma que el progreso se produce gracias a unos pocos

individuos. Los científicos se ven a ellos mismos como agente libres independientes, persiguiendo sus propias inclinaciones:

"Si en astronomía la dificultad en reconocer que la Tierra se mueve residía en no admitir la sensación directa de su inmovilidad y el movimiento de los planetas, en la historia la dificultad reside en admitir la subordinación del individuo a las leyes del espacio, tiempo y causa, renunciando a su propia y directa independencia."[3]

En ningún otro sector es mayor la sensación de independencia y más lamentable la decepción que entre los intelectuales. El individualismo en la ciencia refuerza la creencia común de que las propiedades de las poblaciones son derivadas de las propiedades de los átomos neutros (genes) que componen las poblaciones o las sociedades. Además, transforma la experiencia subjetiva de la ambición profesional en la invención del egoísmo como ley de la evolución. Un elemento crucial de la ideología individualista es la negación de esa ideología.

Elitismo

Esta afirmación de la superioridad de una pequeña minoría de intelectuales lleva a creer que la supervivencia de la humanidad depende de la habilidad de esa minoría para engatusar y engañar al resto de las personas para que hagan los que es bueno para ellos. Este sesgo es especialmente pronunciado en los cuentos de ciencia ficción, donde la resistencia a la opresión política es llevada a cabo por algunos científicos consagrados que conspiran para burlarse de las reglas. Este elitismo es profundamente antidemocrático, alienta el culto a la pericia, a la apreciación estética de la manipulación y desdeña a aquellos que no están hechos por las reglas de la

[3]Tolstoi, Liev: *Guerra y paz*, ePUB, p. 1.135.

academia, lo que generalmente refuerza el racismo y el sexismo. La desestimación del conocimiento popular ha contribuido al desastre en el desarrollo de la agricultura. La visión elitista apoya el enfoque empresarial de la administración de la vida intelectual y ve la cooptación de la auto-selección de la academia y la corporativización de la élite como una forma razonable de ejecutar los asuntos humanos.

En los asuntos teóricos internos de la ciencia, el elitismo contribuye a la creencia en la noción de organización jerárquica y a la búsqueda del factor de control que se ajusta a la visión reduccionista del mundo; esto retrasa el estudio de la compenetración recíproca de las partes a favor de un modelo de cadena de mando en la genética, la sociedad y cada ecosistema. Así la visión individualista favorece un modelo del mundo en el que las partes (especies, ecosistemas, etc.) son esencialmente independientes y el paradigma elitista impone una organización que excluye la autonomía.

Pragmatismo

En la ideología occidental el "pragmatismo" es un elogio, en contraste con la calificación "ideológico", que es peyorativa. Para los científicos, el pragmatismo significa aceptar las condiciones límite impuestas por la mercantilización y la especialización. Esto significa progresar en el trabajo sin preguntarse por qué, postura inmortalizada en la canción de Tom Lehrer sobre los expertos en proyectiles: "si los cohetes suben, ¿a quién le importa dónde bajan? Esa no es mi especialidad", dice Werner von Braun. Como una de las principales vías por la cual los científicos afectan a la política es a través del asesoramiento como consultores de los "tomadores de decisiones", ser efectivo requiere mantener la credibilidad. Por consiguiente el consejo debe limitarse al dominio de lo aceptable, sin arriesgarse al temor de la ceja levantada que cuestiona la credibilidad y actúa, no solo para imponer la prudencia para dar consejos sino, aún más, para estrechar el horizonte intelectual de

los asesores. A los ojos de un pragmático, el sentimiento fuerte de injusticia social es sospechado de ideológico, reflejando una inmadurez contraria a la serenidad del erudito.

Separación de pensamiento y sentimiento

Los científicos lucharon para establecer el principio que dice que todas las afirmaciones del mundo deben ser validadas por la evidencia. No se permite que influyan en las controversias científicas ni el hecho de apelar a la autoridad ni a los deseos que cada uno tenga. Probablemente fue necesaria alguna separación entre el sentimiento y el pensamiento para establecer la legitimación de la ciencia. Pero una vez que se volvió absoluta, esta separación se convirtió en un obstáculo para la práctica científica autoconsciente. Esto oscurece la fuente de nuestras preferencias en relación a las direcciones a tomar o los métodos a utilizar, también impone la introducción formal en las publicaciones científicas, pretendiendo sacar al científico individual fuera del proceso de trabajo creativo a través del lamentable recurso de remover la primera persona del singular, adoptando una forma gramática que Susan Griffin describe como impersonal pasiva. Aún más importante, después de las preguntas sobre el hecho, los científicos están formalmente liberados de las preguntas sobre el valor; estas cosas no se unen fácilmente. Mientras que los filósofos dedican su vida a discutir como relacionar el "ser" con el "deber", los científicos están libres de construir todo tipo de armas, protegidos por un vocabulario impersonal (donde dominan conceptos como "rentabilidad" o "kill ratio") y de reconocer los efectos de los productos de su trabajo.

Finalmente, la supuesta superioridad del pensamiento sobre el sentimiento implica que aquellos que niegan sus sentimientos son superiores a los que los expresan. Una consecuencia es que las mujeres, socializadas en nuestra cultura como guardianas de los sentimientos, deben reprimirlo con el fin de poder hacer ciencia

o deben ser sistemáticamente desestimadas, como si "más emocional" significara menos racional.

Reduccionismo

La especialización del trabajo científico y las funciones de mando para la investigación, crearon un modelo de organización científica que es vista como modelo de organización del mundo. Se percibe a la naturaleza como un reflejo del organigrama de nuestra compañía o universidad, con fenómenos similares unidos bajo un mismo presidente, fenómenos distintos pero relacionados bajo un decano común, y eventos aislados perteneciendo a diferentes escuelas o divisiones. Esta especialización en la práctica está conectada con el individualismo atomista que refuerza el reduccionismo que aún predomina en la filosofía implícita de los científicos.

Como socialistas, no criticamos la mercantilización de la ciencia con la intención de retornar a tiempos anteriores. Esto sería tan inútil como lo son las leyes antimonopolio, que buscan recrear precisamente aquellas condiciones del pasado que dieron origen a los monopolios. Nuestra intención es diferente. La mercantilización de la ciencia, está completamente incorporada al proceso del capitalismo, es un hecho de la vida que domina la actividad científica y una influencia penetrante en el pensamiento de los científicos. Negar esa relevancia es permanecer sujetos a su poder, mientras que el primer paso a la libertad es conocer la dimensión de nuestra esclavitud.

Como trabajadores científicos, vemos la mercantilización de la ciencia como la causa de la alienación de la mayoría de los científicos del producto de su trabajo. Se interpone a las poderosas ideas de la ciencia y los avances en el bienestar humano, produciendo a menudo resultados que contradicen los propósitos declarados. La presencia del hambre en el mundo moderno no es el resultado de un problema irresoluble que frustra todos los esfuerzos por

alimentar a las personas, sino que la agricultura en el capitalismo está concebida para obtener ganancia y solo de manera indirecta para alimentar a las personas. De manera similar, la organización de servicio de salud es principalmente un emprendimiento económico y está influenciado solo de manera secundaria por las necesidades de las personas. Las irracionalidades de un mundo científicamente sofisticado no provienen del fracaso de la inteligencia sino de la persistencia del capitalismo, el cual, como un subproducto, anula la inteligencia humana.

Es importante resaltar que, en un mundo en el cual algunos países han roto con el capitalismo, la forma de la ciencia no es como tiene que ser, que su estructura actual no está impuesta por la naturaleza sino por el capitalismo y que no es necesario emular esa forma de hacer ciencia.

Capítulo IX

La economía política de la investigación agrícola[1]

[1]Este capítulo es una combinación de un artículo "La investigación agrícola y la penetración del capital", *Science for the people*, nº 14, p. 2-17, y una publicación presentada en el Instituto Gramsci, Palermo, Italia, en octubre de 1983.

La dirección que toman los cambios técnicos en la agricultura capitalista y las estrategias de investigación que sostienen esa dirección son el resultado de dos tipos de factores: la búsqueda de ganancia a través de la industria y la búsqueda de control social por parte de la clase capitalista en su conjunto.

Rentabilidad y solvencia

A juzgar por las apariencias, la producción agrícola en los Estados Unidos parecería presentar una dificultad para la teoría económica política. Una esfera importante de la producción parecería resistir la penetración usual del capitalismo. Los barcos y los zapatos son producidos por una cantidad relativamente pequeña de corporaciones muy grandes con un enorme capital invertido, pero la producción de repollos se mantuvo en las manos de dos y medio millones de pequeños productores. ¿Por qué los cambios tecnológicos y la concentración del capital, como se observa en la manufactura, el transporte y la industria extractivista, no tuvieron lugar en la producción agrícola? Una respuesta común es que la agricultura está retrasada y que tarde o temprano el monopolio capitalista se pondrá al día. La cantidad de granjas está disminuyendo (de 5,7

millones en 1900 a 2,7 millones en 1975), el tamaño promedio de las granjas está aumentando (146 acres en 1900 a 404 acres en 1975) y las grandes empresas están apoderándose de enormes extensiones de tierra (la proporción de todas las granjas de más de 1,000 acres aumento de 0,8% a 5,5% en el mismo período). Esta respuesta, en realidad, no coincide con los hechos. De los tres millones de operadores agrícolas que desaparecieron entre 1900 hasta la actualidad, dos millones eran arrendatarios. No cambió la proporción de granjas a cargo de administradores (menos del 1%) en relación a las granjas familiares y las grandes corporaciones, en realidad, se despojaron de tierras en los últimos años. Simplemente no hay apuro en transformar las granjas en grandes corporaciones al estilo General Motors.

El problema básico de analizar el desarrollo del capitalismo en la agricultura es la confusión entre agricultura y negocio agrícola[1]. Agricultura es el proceso de transformar las semillas, los fertilizantes, los pesticidas y el agua en ganado, papas, maíz y algodón, utilizando la tierra, las maquinarias y el trabajo humano. El negocio agrícola incluye a la agricultura, pero también todas aquellas etapas que van desde la elaboración, el transporte y la venta de semillas, maquinaria y productos químicos utilizados por los agricultores, y todas las etapas posteriores a la cosecha, que van desde el transporte al procesamiento del alimento y su venta, por ejemplo transformando las papas cosechadas en papas fritas, envasándolas y vendiéndolas al consumidor. Agricultura es hacer crecer los maníes; el negocio agrícola es convertir el petróleo en manteca de maní. Podemos decir que si consideramos a la producción agrícola como un proceso completo, el capital atraviesa todos los momentos y

---

[1]Los autores hablan de “farming” y “agriculture”. En castellano, resulta más apropiado traducir la primera como “agricultura” y la segunda como “negocio agrícola”. En lugar de esta última expresión suelen usarse también “agri-business” o “agro-negocios”. (N del E).

etapas de esta actividad en los Estados Unidos, y el cambio tecnológico ha jugado el mismo rol que en otros sectores productivos. Esto significa que los dueños de grandes capitales son los que controlan y obtienen ganancias del negocio agrícola. El corolario de esta situación es que la investigación agrícola, a pesar de responder directamente a las demandas de los agricultores, es llevada a cabo en los términos establecidos por la concentración del capital.

El cambio más llamativo en la naturaleza de la producción agrícola en los Estados Unidos desde principios del siglo XX se dio en la composición de los insumos utilizados (semillas, fertilizantes, energía, agua, tierra y mano de obra). El valor total anual de estos insumos se puede calcular considerando la cantidad utilizada de cada uno por su precio y ajustándola según la inflación. Estos valores pueden compararse año a año estableciendo una base arbitraria con un valor índice de 100 y expresando el resto de los años en relación a ese valor.

El valor total de los insumos aumentó de un índice de 85 en 1910 a cerca del 100 en 1975 (1967=100), lo cual no es una gran incremento, aunque la naturaleza de los insumos cambió radicalmente. Los insumos producidos en la propia granja empiezan con un índice de 175 y bajan a 90 entre 1910 y 1975, mientras que los índices de los insumos que deben ser comprados en el mismo periodo aumentan de 38 a 105. Por ejemplo, los granjeros solían producir sus propias semillas, criar sus propias mulas y caballos, cultivar el heno para alimentar al ganado y arrojar el estiércol en la tierra para fertilizarla. Ahora, los granjeros deben comprar las semillas a la Pioneer Hybrid Seed Company, sus "mulas" a la Ford Motor Company, el "heno" para alimentar a sus "mulas" a Exxon y el "estiércol" a la Union Carbide. De esta forma, los granjeros han pasado de un proceso productivo que originaba la mayoría de sus insumos y los convertía en productos, a un proceso de pasaje de materia y energía desde un proveedor externo a un comprador externo.

Puede observarse la consecuencia de este cambio en las fuentes de valor de mercado de los productos de consumo. En cada etapa del proceso productivo, desde la materia prima parcialmente transformada al producto final y luego al artículo de consumo, se incorpora valor a partir del trabajo materializado. El hierro y el carbón son más baratos que el metal que es producido a partir de ellos, el metal es más barato que la viga que se fabrica con este material y la viga es más barata que el puente construido con la misma. En cada etapa de transformación, a partir del trabajo incorporado, se agrega valor. El valor total agregado es la diferencia entre el precio de la materia prima original y el del producto de consumo final.

En la actualidad, solo el 10% del valor total agregado en la agricultura corresponde al incorporado en la granja. Cerca del 40% es agregado en la creación de insumos (fertilizantes, maquinaria, semillas, mano de obra contratada, combustible, pesticidas), y un 50% es agregado en el procesamiento, transporte e intercambio una vez que las mercancías del farmer dejan la puerta de la granja. Otra faceta de esta estructura es que, a pesar de que el porcentaje de fuerza de trabajo ocupada en el cultivo disminuyó de un 40% en 1900 a un 4% en 1975 (una pérdida de cerca de 4.3 millones de familias trabajadoras y cerca de 4 millones de trabajadores agrícolas), creció la cantidad de personas que suministran, realizan mantenimiento, transportan, transforman y producen los insumos y los productos. Por cada persona que trabaja en la granja, hay seis ocupadas en el trabajo fuera de la misma. Resumiendo, la producción de la agricultura es sólo una pequeña fracción de la producción del conjunto del negocio agrícola.

Un segundo hecho histórico se refiere a la naturaleza detallada del proceso de producción en la granja y su productividad. La productividad total de la granja, medida como la relación entre los insumos y los productos, fue desde un valor de 53 en 1910 a 113 en 1975. Esto significa que por cada dólar gastado por los granjeros en insumos, se produce más del doble. Es muy difícil estimar el

total de insumos en el siglo XIX, pero la productividad del trabajo aumentó, dependiendo del cultivo, en un factor de dos a tres. Este incremento tuvo lugar en las etapas que corresponden a la importación de innovaciones tecnológicas. El primer período, de alrededor de 1840 hacia fines del siglo, fue marcado por un incremento importante a raíz de la introducción de maquinaria agrícola. El arado de acero, la trilladora, la cosechadora y la máquina de vapor estacionaria incrementaron la productividad de la producción de granos (por ejemplo en las regiones secas donde podían utilizarse cosechadoras aumentó más de ocho veces). Sin embargo, este desarrollo de la maquinaria, se estancó al final del siglo XIX por la falta de potencia de tracción. Solo pequeños arados de rejas múltiples podían ser empujados por caballos; la máquina de vapor estacionaria para trillar debía ser alimentada con granos a caballo y carros; los tractores rudimentarios a vapor no eran fácilmente maniobrables. Después de la Primera Guerra Mundial, la industria automotriz desarrollo la tracción móvil, potente y flexible. La invención de las máquinas de combustión interna, el diesel y el diferencial permitieron que las ruedas traseras se movieran independientemente y los neumáticos inflables en los tractores permitieron tirar cargas pesadas y maniobrar en espacios estrechos. Entre 1937 y 1950 se produjo el salto final en la incorporación de maquinaria agrícola.

El tercer cambio más importante llegó después de la Segunda Guerra Mundial. Entre 1946 y 1976 aumentó en un factor de siete el ingreso de productos químicos a la agricultura. Esto sucedió por dos razones. En primer lugar, las plantas químicas habían sido construidas a expensas del gobierno durante la guerra, por lo tanto las compañías químicas encontraron una inmensa capacidad de plantas no utilizadas. El precio de los fertilizantes cayó dramáticamente comparado con otros insumos. En segundo lugar, el mercado de exportación europeo se incrementó rápidamente, por lo que la producción agrícola tuvo que aumentar, y el uso de más fertilizante fue la forma más barata y rápida de lograr ese objetivo.

Hay tres características para destacar sobre el cambio tecnológico. Primero, este cambio no era el producto de la investigación agrícola, sino del empresariado capitalista. Cyrus McCormick y Obed Hussey, que inventaron la máquina segadora en 1830, eran los típicos inventores empresariales de la industria capitalista temprana, y la primera fase floreciente de la mecanización fue una consecuencia del capitalismo industrial. McCormick era un chico granjero de Virginia que inventó una máquina segadora exitosa en 1831, patentó un modelo mejorado en 1834 y en 1841 fundó un gran fábrica para sus productos en Chicago. El mejoramiento en el potencial de tracción fue una derivación directa del desarrollo del automóvil liderando la industria americana, y la "revolución" de los fertilizantes y pesticidas fue una consecuencia de la estructura económica de la industria química y de la fuerte demanda de exportación.

Segundo, en todos los casos, y especialmente en la mecanización, el proceso de trabajo está en el corazón mismo del cambio. Los agricultores, como cualquier otro productor, están bajo una presión constante para reducir el costo laboral. La introducción de la segadora llego veinte años antes que la escasez de mano de obra durante la Guerra Civil. Pero además, los agricultores están bajo una presión inusual muy fuerte de controlar el proceso de trabajo y no simplemente de reducir los sueldos. Una huelga de los trabajadores de la cosecha puede retrasar la cosecha, pero también puede provocar una pérdida total de la producción. Los descuidos de los trabajadores pueden causar la pérdida o el daño de la cosecha y es muy difícil supervisar el trabajo agrícola o regular su velocidad. Por esa razón, el trabajo a destajo es común en la cosecha, la desventaja es que si bien esta pone un premio a la velocidad total no controla la calidad. La mecanización provee el control sobre la velocidad y la calidad garantizando la producción. Sin huelgas ni escaseces de ningún tipo. En esta relación, es interesante que las primeras máquinas de cultivo de vegetales fueran simplemente una plataforma

larga horizontal, acarreada por un tractor, sobre la cual los trabajadores se colocaban para cosechar las plantas. El agricultor o capataz manejaba el tractor. Esta línea de montaje inverso, en la cual los trabajadores eran movidos a través del trabajo, no solo reducía la fuerza de trabajo sino que *controlaba* su velocidad y permitía la supervisión del proceso. Esto fue posible gracias a Henry Ford.

Tercero, el efecto de la tecnología ha sido reducir el valor agregado en la granja e incrementar el valor de los insumos. Es decir, la mayor consecuencia de la innovación tecnológica al incrementar la productividad en la finca ha sido hacer esa productividad cada vez menos importante en la determinación del valor agrícola. Los mayores cambios en todos los aspectos de la tecnología agropecuaria han ido en la misma dirección. Así la semilla híbrida es un insumo que reemplaza la vieja autoproducción de la semilla, la irrigación mecanizada reemplaza la mano de obra utilizada para la abertura de zanjas, etc.

Es importante señalar que no todos los cambios en el valor agregado son consecuencia de los cambios tecnológicos en la agricultura. Los cambios en los precios de los factores en los insumos y procesamiento como resultado de los cambios tecnológicos o políticos (precios del petróleo) también cambian la proporción del valor agregado en la granja.

¿Dónde interviene la investigación agrícola? La investigación llevada a cabo por los proveedores (compañías de semillas, maquinaria y química) está claramente diseñada para maximizar el uso de los insumos. Llamativamente la investigación socializada tiene el mismo objetivo. Nuestros estudios de campo de investigadores pertenecientes a las estaciones agrícolas experimentales estatales son consistentes con esta descripción. Los investigadores tienen un origen chacarero[2] o al menos de comunidades pequeñas de servicios

[2]"Chacarero" es la traducción más apropiada para "farmer", de allí que tradujéramos "farmer background" como "origen chacarero" (N del E).

agrícolas. Su ideología es colaborar con el agricultor para que su cultivo sea más rentable, menos riesgoso y más fácil. También dicen que los beneficios para el agricultor tendrán un efecto positivo en el consumidor. En la práctica real, la mayoría de las investigaciones científicas *son* directamente sensibles a las demandas de los agricultores (al menos de esos agricultores que los investigadores agrícolas llaman "progresistas", es decir grandes y ricos agricultores). Pero el punto crítico es que las demandas de los agricultores están determinadas por el sistema de producción y el mercado en el que están atrapados. En consecuencia, los agricultores se convierten en el agente para los cuales el proveedor de insumos y los compradores de la producción utilizan los establecimientos socializados de investigación. La investigación agrícola sirve a las *necesidades* del capital respondiendo a las *demandas* de los agricultores, porque el capital controla totalmente la cadena de producción agrícola y el mercado.

Del lado de la producción, la influencia del capital es evidente. Los agricultores compran y usan enormes cantidades de herbicidas en lugar de cultivar sus campos. El departamento de ciencia de las malezas en la escuela de agricultura pasa su tiempo testeando y evaluando el tratamiento combinado de herbicidas, las tasas de lixiviación y la toxicidad. El departamento de ingeniería agrícola diseña máquinas para la aplicación de herbicidas y rediseñan otras para utilizarlas en campos libres de malezas. Los mejoradores de plantas (fitomejoradores) mejoran la precocidad para tomar ventaja de los tratamientos con herbicidas. El método de la semilla híbrida se volvió omnipresente en los cultivos, esto es ventajoso para los productores de semillas porque obliga a los agricultores a comprar las semillas permanentemente. Pero el principal objetivo del mejoramiento de híbridos es producir variedades que funcionen mejor con un uso intensivo de fertilizantes (la mejores variedades tienen tallos cortos y fuertes para evitar la colocación de tutores, un apropiado desarrollo de las raíces, etc.) Todas las fases de la investigación están dirigidas por la naturaleza de los insumos adquiridos.

El maíz híbrido es un ejemplo notable de cómo los insumos, que antes eran producidos por los agricultores, ahora deben comprarlos. En la década de 1930 se sembraba el maíz a mano y los agricultores obtenían las semillas para el cultivo del año próximo recogiendo y guardando las mejores espigas durante la cosecha. Desde esa época, la autoproducción de semillas ha sido reemplazada cada vez más por el maíz híbrido, la semilla se compra a una compañía productora de semillas todos los años. El maíz híbrido, como cualquier otro vegetal o animal híbrido, se produce en cuatro etapas. En la primera etapa, las variedades de maíz son autopolinizadas, generación tras generación, para producir las llamadas líneas puras, cada una de las cuales es genéticamente homogénea pero diferente una de otras. En la segunda etapa, las líneas puras son cruzadas unas con otras en todas las combinaciones posibles para encontrar la combinación híbrida con un rendimiento mayor que la media. En tercer lugar, las líneas puras que dieron origen al híbrido superior son cultivadas en gran cantidad para obtener suficientes plantas como para producir semillas. Finalmente, las líneas son cruzadas de manera masiva para producir semillas para vender. Todos estos pasos necesitan campos de aislamiento especiales, gran cantidad de mano de obra calificada, y algún conocimiento científico. Como ningún agricultor puede permitirse hacer su propia semilla de maíz híbrida, debe comprarla a la empresa productora. Más aún, el agricultor debe comprarlas año a año porque los híbridos, si es que se pueden reproducir, no se reproducen adecuadamente y no producirán un rendimiento tan alto como el híbrido original.

De hecho, las compañías semilleras no realizan ellas mismas los dos primeros pasos de la operación. Dependen de las estaciones experimentales de agricultura estatales, financiadas con dinero público, para encontrar las mejores líneas puras. Una vez que las obtienen, las compañías las utilizan para producir semillas y ganancia. La mayor parte del maíz híbrido utilizado actualmente en

el cinturón maicero, que es producido por cuatro compañías diferentes, deriva de las líneas puras desarrolladas en las estaciones de experimentación de los estados de Iowa y Missouri.

Los agricultores comenzaron a utilizar el maíz híbrido porque les daba un incremento inicial del rendimiento sobre las variedades de polinización abierta que ellos mismos habían propagado. Desde la década de 1930 se hicieron grandes esfuerzos para mejorar cada vez más los híbridos. Prácticamente, nadie ha tratado de mejorar las variedades de polinización abierta, a pesar de que la evidencia científica es que si el mismo esfuerzo fuera puesto en estas variedades serían tan buenas o más que las híbridas. Por el contrario, las empresas de semillas y criadores de animales comerciales para producir soja, gallinas, vacas híbridos, entre otras, presionan para convencer a los agricultores de que sus híbridos son mejores. Cargill y Northrup-King, por nombrar dos, han gastado millones intentando hacer trigo híbrido superior a las variedades comunes. No han tenido éxito aún, pero si lo logran, ganaran millones vendiendo semillas de trigo cada año. En la actualidad, los que cultivan trigo necesitan comprar semillas a las empresas productoras solo cada tres o cinco años.

En las cuestiones del mercado se evidencia la misma dependencia. Así como el desfile de insumos agrícolas (semillas, fertilizantes, pesticidas y maquinarias) está altamente monopolizado, también los productos agrícolas son adquiridos por compradores monopólicos (monopsonistas). Cargill compra granos, Hunt compra tomates, Anderson-Clayton compra algodón. Cargill paga por soja en base al contenido de proteína *promedio de la región*. Pero hay una correlación negativa entre el rendimiento y la proteína, por lo que al agricultor no le conviene usar una variedad rica en proteína con menor rendimiento. Por lo tanto los fitomejoradores van por el rendimiento y no por la proteína. Los contratos entre las fábricas de conservas de tomate y los agricultores dominan todos los insumos y requieren la entrega de un tipo particular de tomate

en un momento determinado. Una vez más, los productores de semillas cumplen con "las demandas de los agricultores" por el tomate adecuado.

Resumiendo, como los agricultores son pequeños, y sin embargo una parte esencial de la producción de alimentos, las condiciones de su producción son establecidas por los proveedores de insumos y los compradores monopólicos de sus productos. El establecimiento de la investigación agrícola, sirviendo a las demandas inmediatas de los agricultores, es de hecho capturado por el capital. Los agricultores son sólo los mensajeros de un mensaje escrito por el centro corporativo.

Luego, podemos preguntarnos, ¿quién se beneficia? Desde 1930 la productividad agrícola ha crecido más rápido que otros sectores de la producción y mucho más rápido que la producción de servicios, que es un sector relativamente pobre en su productividad. ¿Quién se beneficia con este incremento?

Los consumidores no se beneficiaron. El índice de precios de los alimentos aumentó más rápido que el promedio de todos los precios. El índice de precios de los alimentos en 1970 en relación a 1930 fue de 2,48, y la tasa para todos los bienes adquiridos y servicios fue de 2,33. Entonces, el alimento no se volvió más barato sino relativamente más caro. ¡A pesar de que la productividad aumentó muy rápidamente! Es muy difícil conseguir información confiable sobre los cambios en los niveles nutricionales. Los estudios son contradictorios. El único cambio importante en el consumo total de los nutrientes básicos en los últimos veinte años ha sido un incremento en el consumo de grasas y una disminución en el consumo de hidratos de carbono. No hubo cambios a largo plazo desde 1910 en relación a las proteínas y la información con respecto a las calorías es contradictoria. Las personas no están comiendo más, ni tampoco de manera más económica.

Los agricultores no se beneficiaron. La deuda agrícola total pendiente en 1910 fue de U$S800 por chacra, en 1977 creció a

U$S37.000. De este crecimiento de 45 veces, solo 3 dan cuenta de la inflación en ese mismo período. Teniendo en cuenta el crecimiento en el tamaño de las chacra, la deuda por acre creció de U$S3,5 a U$S91. Esto debe ser comparado con el cambio inflacionario en el promedio del valor de mercado de la tierra de U$S42 por acre en 1910 a U$S405 en 1977. Entonces la deuda ascendió de 13% a 23% de los activos reales. El gasto de la producción agrícola fue del 48% de los ingresos brutos en 1910 a 70% en la actualidad. En consecuencia la presión sobre los agricultores y el peligro de bancarrota por la variación del precio y la producción son mucho mayores. Mientras que el valor total de los bienes raíces agrícolas se disparó, este es el valor del papel. Las granjas no pueden ser liquidadas de manera rentable en grandes números en un área, y han representado una carga real en la herencia por el impuesto a la sucesión. El riesgo del fracaso chacarero permanece alto, la espera, larga. Para las familias de los agricultores las condiciones de trabajo mejoraron en el sentido de que manejar un tractor con aire acondicionado es mejor que ir sudando detrás de una mula. Los ingresos netos por operador (en dólar constante) han aumentado 2,5 veces desde 1910, pero mucho se debe a la eliminación de los sectores agrícolas más pobres, arrendadores y aparceros.

Se beneficiaron las empresas proveedoras de insumos y compradoras de los productos. Los proveedores de insumos se han vuelto más ricos, no directamente por el aumento en la productividad sino por el modo de ese incremento, entradas altas de capital. Las compañías proveedoras de semillas están haciendo grandes ganancias y recientemente fueron compradas por las grandes compañías químicas. Las empresas que producen herbicidas, insecticidas y fertilizantes obtuvieron enormes ganancias. En este momento los proveedores de maquinarias, como la industria automotriz, están en serios problemas financieros, porque los insumos en maquinarias se han estabilizado, reemplazados por los insumos químicos. En relación al marketing hubo un crecimiento tremendo de las empresas

de cereales y transporte, industrias procesadoras de alimento y cadenas de supermercados, todas adquirieron grandes capitales desde la Segunda Guerra Mundial. Este sector, que obtuvo ganancias de este cambio en la producción, da cuenta del traspaso entre el aumento de la productividad agrícola y el aumento en el costo relativo de los alimentos a los clientes.

Finalmente, podemos preguntar por qué la penetración del capital en la agricultura tomó esta forma particular, con la provisión monopólica de los insumos y la compra monopólica de la producción de una extensa población de pequeños empresarios agrícolas. ¿Por qué el capital no toma posesión de las granjas?

Hay cuatro razones por las cuales esto no ocurre. La primera es que la compra de tierras agrícolas inmoviliza enormes cantidades de capital que tiene baja liquidez, sin valor de depreciación a efectos fiscales, y un precio de mercado incierto que produce un bajo rendimiento de la inversión. Segundo, la agricultura es físicamente extensa, por lo tanto no es posible tener un gran número de trabajadores que produzcan juntos en un pequeño espacio. Tercero, por razones similares es difícil supervisar y controlar el proceso. Cuarto, el retorno de capital está limitado por el ciclo anual de crecimiento o incluso a periodos mayores en el caso del ganado.

La prueba de esta afirmación está en la excepción, el caso de la producción de aves de corral, que está integrada verticalmente por grandes empresas de capital, esto significa que la misma corporación opera en cada nivel de la producción. La misma firma produce mucho de los insumos, cría y hace crecer a las aves, las mata y las procesa, por último, las vende en masa a las cadenas de comida rápida o a los supermercados. Las aves de corral ocupan poco espacio y se prestan para una organización similar a una fábrica de producción, con bienes de capital amortizable y una supervisión del proceso de trabajo fácil de hacer. Además, el ciclo de capital no depende de un ciclo de crecimiento anual y puede ser comprimido una y otra vez. En realidad, el principal interés de la cría de aves es

acortar el período de crecimiento, manteniendo constante la cantidad de alimento consumido.

Por lo tanto, los agricultores son el único sector de pequeños productores que poseen algunos de los medios de producción pero cuyas condiciones de producción son completamente controladas por proveedores de insumos y compradores de sus productos. Forman el equivalente moderno del "putting out system" de la era pre- industrial.[3] Son los conductos a través de los cuales los beneficios de la empresa de investigación agrícola fluyen hacia la gran concentración de capital. Por la naturaleza física de la agricultura y la estructura de la producción e inversión capitalista, esta es una situación estable y no debe ser entendida como una excepción de la regla del capital sino como una de sus formas.

Los objetivos sociales de la agricultura

Un segundo factor principal que determina el desarrollo del capitalismo agrícola es el objetivo de control social. La estrategia a largo plazo de la Alianza para el Progreso, el Banco Mundial y otros promotores del desarrollo ha sido crear una burguesía rural empresarial técnicamente progresiva para reemplazar tanto a la vieja oligarquía, como al campesinado semicapitalista y a los agricultores de subsistencia. Esta nueva clase podría neutralizar las rebeliones campesinas y proveer una base de apoyo político más flexible para el capitalismo internacional que los regímenes actuales.

---

[3]Los autores se refieren al sistema productivo descentralizado que dominó la etapa previa a la Revolución industrial, que Marx caracteriza como "manufactura dispersa", porque consiste en artesanos desparramados por toda la campiña, unidos por el capital a través del movimiento de la materia prima y otros insumos. No existe traducción para el concepto, de uso habitual en la disciplina histórica. En castellano, suele usarse la expresión inglesa (N del E).

Esta perspectiva también guía a la investigación agrícola. El descubrimiento del Banco Mundial de los "pequeños agricultores" es paralelo a la nueva dirección de la red de investigación agrícola (CGIAR Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional) hacia los problemas de la agricultura de secano, tierras marginales y tecnología "apropiada".

La ciencia en una sociedad revolucionaria debe examinar la agricultura en sus contextos más amplios. Primero, la planificación agrícola debe estar integrada a una perspectiva ecológica totalizadora para el uso de la tierra. La tierra que no es cultivada (bosques, humedales, manglares) juega un rol importante en la economía de la naturaleza, un rol que se pierde en el estrecho análisis de costo-beneficio de maximización de la ganancia. Los cambios en el uso de la tierra cambian las relaciones del agua, el clima, la calidad el aire y la vida silvestre. La tecnología agrícola altera más el ambiente que el simple cultivo de la tierra.

Segundo, la planificación agrícola debe perseguir múltiples objetivos, incluyendo: producir alimento, industria y divisas; mejorar la calidad nutricional; proteger la salud de los trabajadores rurales y los consumidores; proteger el ambiente; amortiguar los desastres naturales y de origen humano; minimizar la demanda de recursos, especialmente los que son costosos o poco fiables o los que dañan el ambiente; dividir equitativamente el asentamiento de la población en regiones rurales y urbanas, incluyendo la provisión de empleo; promover las relaciones sociales que favorezcan las decisiones cooperativas, perspectivas de largo plazo e iniciativa política; reducir las barreras entre el trabajo manual y el intelectual. Los problemas intelectuales en la organización de un proceso de planificación apropiado son inmensos y van a necesitar nuevas formas de integrar diversos tipos de conocimiento y reconocer la inseparabilidad de lo natural y lo social.

Tercero, como la naturaleza es compleja, cualquier intervención en la abundante red de variables de interacción es probable

que tenga muchas consecuencias indirectas e inesperadas, alguna de las cuales puede negar el propósito de intervención original. Los principales fracasos de muchos planes audaces para mejorar la agricultura fallan en el reconocimiento de la complejidad intrínseca del sistema y su posible comportamiento contradictorio. El enfoque un problema-una solución, simplemente, no funciona.

Por ejemplo, consideremos el uso de insecticidas como parte de la "revolución verde". En el laboratorio un nuevo pesticida mata a varios tipos de insectos dañinos. Esto sugiere que la aplicación del pesticida en el campo controlará la plaga, reducirá el daño del cultivo, aumentará la producción, proporcionará más alimento y hará que la vida sea mejor para las personas. Por muchas razones, este esfuerzo es generalmente ineficaz o incluso contraproducente. La plaga puede adquirir resistencia y la evolución puede ser muy rápida bajo una fuerte presión de selección por el uso intensivo de pesticida. Los competidores de la plaga principal pueden ocupar su lugar y reemplazarla. Los brotes de las denominadas plagas secundarias se están volviendo más comunes. Gracias al uso de pesticidas, los ácaros se transformaron en la mayor plaga de la huerta. Las poblaciones de los predadores o parásitos de los organismos que constituyen la plaga pueden disminuir. El efecto negativo sobre los predadores se puede producir de dos maneras, por envenenamiento directo o por la muerte de su presa. Por lo tanto la presa, el blanco del insecticida, experimenta un aumento en la tasa de mortalidad por envenenamiento pero la reduce por falta de predadores. El resultado puede ser un aumento o disminución de la plaga, dependiendo de las formas en las cuales las otras especies interactúan con ella. Las plagas menores por lo general atraen a predadores y parásitos al cultivo que luego colaboran en el control de las plagas mayores. Si la plaga menor es destruida, aumenta el daño al cultivo.

El pesticida puede matar a los invertebrados del suelo que no afectan el cultivo directamente sino que son importantes para la fertilización. Una caída de la fertilidad del suelo aumenta la

dependencia del agricultor a la compra de fertilizantes. Cuando la agricultura terrestre está estrechamente entremezclada con la acuicultura, el pesticida puede reducir la productividad del estanque matando peces, camarones o sus alimentos. Los pesticidas envenenan a los agricultores. Hubo cerca de un millón y medios de casos de envenenamiento por pesticida en el mundo en el año 1972. Los pesticidas contaminan el agua potable y perjudican la salud de toda la población rural. Las diferencias, entre los campesinos, al acceso a los pesticidas y a las tecnologías relacionadas refuerzan la desigualdad rural, la diferencia de clase y la falta de tierra. Además, la disponibilidad de pesticidas para diferentes cultivos alienta al monocultivo.

Un intento para controlar las plagas podría ser comenzar con un examen de todo el ecosistema en su heterogeneidad, complejidad y cambio. Esto va en contra del paradigma común, reforzado por la división del trabajo en la ciencia aplicada, que implica aislar las partes más pequeñas del problema y cambiar las cosas de a una por vez.

Cuarto, la naturaleza no puede ser homogeneizada y mantenida constante a través de ingresos masivos, la heterogeneidad de la naturaleza es deseable. El uso mixto del suelo amortigua lo inesperado, retarda la expansión de la plaga y permite el manejo del microclima; puede mejorar la nutrición local, expandir la demanda de trabajo, preservar la fertilidad del suelo, reducir el daño por erosión y reducir la necesidad de transporte de alimentos a una larga distancia.

El objetivo del uso del patrón en mosaico de la tierra es especialmente amenazante para los desarrollistas, que argumentan "hemos escapado recientemente de la heterogeneidad caótica del minifundio y logrado el manejo racional y fácil de la homogeneidad de la industria agrícola. ¡Ahora, ustedes quieren retroceder el reloj y evitar que tengamos lo que los países avanzados han logrado!" Respondemos que el progreso ha ido de la heterogeneidad

espontánea del minifundio, a la homogeneidad de los agronegocios, y puede pasar a una heterogeneidad planificada de una agricultura económica y ecológicamente más racional. Nos diferenciamos de los desarrollistas radicales en rechazar una visión gerencial de la naturaleza y la ilusión del control completo y en el respeto a la heterogeneidad y la interconexión del mundo.

Quinto, en contraste tanto a la agricultura preindustrial intensiva y la agricultura capitalista altamente tecnológica e intensiva, proponemos una agricultura de tecnología de pensamiento-intensivo en la que el objeto de la investigación no es encontrar nuevos insumos sino encontrar formas de reducirlos. No es necesario ser un marxista para estar interesado en el policultivo o el control biológico de plagas. Pero solo una perspectiva dialéctica revolucionaria reúne las partes en una estrategia integral. A continuación mencionamos los elementos de la tecnología que queremos desarrollar.

Se podría incrementar la diversidad de los cultivos por la domesticación de nuevas especies. Podría establecerse el uso de un patrón en mosaico de la tierra, combinando cultivos de campos, perennes, huertas, bosques y agricultura de una manera que beneficie a toda la región en lugar de maximizar la producción de cada una por separado. El tamaño de las parcelas podría ser determinado por su efectividad en la prevención de brotes de plagas, que dependen de la movilidad de la plaga y del predador. Por ejemplo, algunas hormigas buscan alimento a más de diez o veinte metros del hormiguero. Las especies de hormigas que habitan en los bosques pueden controlar plagas en campos adyacentes que están a veinte o cuarenta metros a la redonda. Las interacciones microclimáticas de las parcelas se manifiestan, por ejemplo, a través de los cortavientos. Las hileras de árboles dispuestas en tal sentido, modifican el clima en el sentido en que sopla el viento hasta una distancia de cerca de diez veces su altura, retienen el agua, proveen refugio a especies silvestres y resultan convenientes para los trabajadores y la maquinaria. Las técnicas agrícolas pueden incluir rotar los cultivos,

reciclar los desechos de la cosecha y fomentar la abundancia de microflora e invertebrados del suelo para aumentar la fertilidad. El sistema de control de plagas podría estar basado en una comunidad de invertebrados y microorganismos dentro de la parcela que de esa manera sería resistente a la invasión. El sistema podría incluir predadores generalistas (hormigas, escarabajos, arañas, lagartijas y ácaros predadores), parasitoides más especializados (principalmente avispas y moscas) y enfermedades endémicas o introducidas de las plagas que podrían aplicarse si se produce un brote de la plaga que escapa al control de los predadores. Podríamos también buscar insectos que se alimenten de esporas de hongos y nematodos útiles. No podemos confiar en dicho esquema como si fuera una solución mágica (química o biológica), lo relevante del mismo es que está basado en la comprensión del agroecosistema como una comunidad biológica. Para mantener dicha comunidad, deberíamos hacer crecer plantas que provean néctar a las avispas adultas, sitios de anidación para las hormigas y otro tipo de ayuda. Fuera de la parcela podría haber refugios para pájaros y murciélagos, que pueden cubrir grandes áreas y capturar insectos al vuelo.

Podríamos establecer el policultivo, la mezcla de plantas que en conjunto maximicen el uso de la energía solar, tengan diferentes requerimientos nutricionales, supriman las malezas, desalienten a las plagas, atraigan a los predadores y mantengan el suelo favorable y un microclima en la superficie. El cultivo de plantas tendría por objeto la selección de variedades de plantas para su mejoramiento bajo esas condiciones. La genética animal podría trabajar para fortalecer los depredadores de plagas.

Organización del conocimiento

La ecología de cada granja es diferente, y la mejor combinación de usos de la tierra, cultivos e intervención debería ser hecha a medida para cada lugar. Tal objetivo esta incluso más allá de la

capacidad de la investigación agrícola más amplia y de la extensión del sistema. Sin embargo, al tener la ciencia una nueva dirección se podrían encontrar nuevas formas de conocimiento. En particular, buscamos un sistema que combine el conocimiento detallado, profundo, a veces sofisticado pero localizado y particular que los agricultores tienen de su propia tierra con el conocimiento generalizado, más abstracto y teórico de los centros de investigación. Una forma de promover esto es a través de socavar las barreras de clase entre el científico de tiempo completo y los agricultores y la desconfianza mutua que la acompaña. Esto es una tarea política. También debemos reconocer que la ciencia no es la única fuente de conocimiento y comprensión racional. Todo el conocimiento proviene directa o indirectamente de la experiencia y de la reflexión sobre la experiencia. Desde el comienzo de nuestra especie las personas han aprendido sobre la naturaleza, las relaciones sociales y ellos mismos. Este conocimiento popular creó la única agricultura sustentable que el mundo ha conocido, un gran cuerpo de conocimiento sobre hierbas y medicinas, incluso creó, mucho antes que se formalizara matemáticamente, los conceptos de sentido común de los sistemas dinámicos, como el de retroalimentación positiva, sobre-alimentación e inestabilidad oscilatoria (movimiento del péndulo). Los desarrollistas se inclinan por descartar el conocimiento popular como si se tratara de una superstición, nosotros nos oponemos tanto al desprecio elitista de ese conocimiento como a la postura romántica de "aprender de la gente", creer cualquier cosa que "el pueblo" diga. Junto con esta lucha ideológica, tenemos que llevar la investigación epistemológica a definir exactamente qué tipo de conocimiento o ignorancia tiene la gente. Los antropólogos mexicanos han estado haciendo esto en la aldea campesina cooperativa, o *ejido*, y el meteorólogo cubano Fernando Boytel ha investigado el conocimiento del viento por parte de los trabajadores del carbón vegetal, trabajadores de las líneas de alta tensión y operadores de los molinos de viento, reconociendo la necesidad de traducir el conocimiento de

sus jergas artesanales especiales. Finalmente, debemos organizar la actividad de investigación local por parte de los agricultores y los establecimientos naturalistas, ecologistas y agrícolas, especialmente en las escuelas.

En las sociedades revolucionarias del Tercer Mundo, la necesidad de un nuevo tipo de ciencia es a veces obstaculizada por la urgencia de los problemas inmediatos y el déficit de los recursos científicos. Muchas veces, el desarrollismo radical está en conflicto con un enfoque dialéctico, pero este conflicto se debilita por dos circunstancias: a veces, las visiones opuestas son sostenidas por las mismas personas y las discrepancias no corresponden a la división de clases o a intereses económicos.

El resultado de este conflicto está todavía en duda. Los desarrollistas tienen de su lado la extrema urgencia que los países enfrentan en todas las áreas de la ciencia aplicada, el progresismo lineal que es una frecuente vulgarización del marxismo, y el fracaso en la lucha por un enfoque materialista dialéctico creativo de la ciencia. El enfoque dialéctico es favorecido por una conciencia creciente de los fracasos de la ciencia capitalista y la inadecuación de sus emuladores, por la posibilidad de un enfoque de largo plazo a los problemas y por un movimiento revolucionario, aún pequeño, dentro de la ciencia.

Cuando el siguiente ensayo fue mostrado a Isidore Navy, este señaló que todas las tendencias en la investigación agrícola que hemos descripto aquí, se observan con claridad en el desarrollo del cultivo mágico chalaquá, una de las pocas plantas comestibles nuevas introducidas en la agricultura desde la papa. Navy tuvo la suficiente amabilidad de proporcionarnos las notas sobre este desarrollo, que reproducimos aquí.

Chalaquá: el cultivo mágico para el milenio. Chalaquá (nombre científico *Nutrinullica foetida* N.) el único miembro de la familia Nutrinullicaceae, es una planta rara encontrada en una pequeña población dispersa a lo largo de la húmeda y semiárida zona tropical.

Muchas personas son conscientes de ella: en Haiti se llama *merde de terre*; en las Antillas anglófonas, nabo de los tontos; en Puerto Rico, *vaciolleno* o *mojón dorado*. No se cultiva en cualquier lado, pero los nativos de las costas de Nueva Guinea y Queensland siempre llevan rebanadas de chalaquá con ellos cuando nadan en aguas infestadas por tiburones. Los peces no son repelidos sino simplemente no van a comer a nadie tan equipado. Sin embargo, en el pasado se utilizó como alimento. Los arqueólogos han encontrado semillas identificadas como chalaquá en estratos que datan de 800.000 años atrás, en asociación con huesos de *Homo decrepitus*, un pariente extinto de nuestro ancestros en las que las sucesivas generaciones fueron disminuyendo hasta desaparecer. *Homo decrepitus* es un especie desconcertante, los eruditos no se ponen de acuerdo en el motivo de su extinción. Sin embargo, una teoría interesante reciente es que por la prosperidad social excesiva, no pudieron balancear sus presupuestos.

La historia del chalaquá es un ejemplo único de la iniciativa privada liberada de las restricciones del Gran Gobierno. La Encuesta Internacional de Germoplasma de USDA recolectó genotipos de chalaquá de Honduras, Líbano, Granada, Diego García y estudió la base genética y agronómica de sus raíces notables. La filial Cytoseed de Upgill Cyanogen Company introdujo genes de cada una ellas en una línea compuesta llamada #6. El principal genetista Albert Dürke explicó que se usaron las técnicas de ingeniería genética moderna en lugar del cruzamiento convencional porque Upgill Cytoseed tiene laboratorios equipados para biotecnología pero no invernaderos para hacer crecer a la plantas hasta su madurez. Upgill luego patentó las especies (queremos reconocer nuestra deuda con Upgill por el permiso para usar la especie y denominación de las variedades).

Chalaquá crece muy fácilmente: las semillas duras, pesadas y con forma de punta de lanza pueden ser dispersadas por los aviones sobre la tierra, la cual no debe ser previamente preparada: las

semillas penetran incluso en suelos rocosos y desarrollan rápidamente una raíz gigante de extraño aspecto que crece un tercio por encima de la tierra y esta coronado por cuatro hojas de caucho. La raíz está cubierta por una capa externa gruesa de pelos finos irritantes que emiten un olor desagradable.

La raíz es 100% libre de nutrientes. No se necesitan fertilizantes ya que la planta no contiene ni proteínas ni minerales. Además, es completamente libre de plagas ya que ningún insecto, ni hongo puede desarrollarse sobre ella. La bioquímica inusual del chalaquá le permite resistir a todos los contaminantes conocidos, metales pesados, residuos industriales y carcinógenos. Todas las sustancias de su ambiente son absorbidas, almacenadas sin transformación en pequeños nódulos en la raíz, dándole un aspecto granuloso.

El chalaquá crece rápidamente y puede ser cosechada cuando el mercado es favorable. La cosecha es más fácil de hacer con la nueva cosechadora-sopladora combinada Updeere, que carga el campo sobre cintas transportadoras y los ventiladores gigantes remueven el suelo mientras el chalaquá avanza hacia el mercado.

En este periodo de incertidumbre económica, el principal incentivo de la producción del chalaquá es su mercado garantizado e ilimitado. El gobierno federal la cultiva para la obtener 2.000.000 de toneladas por año para ser distribuido como ayuda para los países en vías de desarrollo bajo el nuevo programa alimento para la libertad, que también incluye Twinkies[4] y Boinas Verdes. Los países beneficiados se comprometieron a construir un puerto permanente, instalaciones de procesamiento y educar al público consumidor. Además, cuando la ayuda es eliminada después de cinco años, el país en desarrollo puede continuar comprando a largo plazo con créditos proporcionados por el Banco para la Hegemonía Internacional.

---

[4]Se hace referencia aquí a pastelitos con crema (N del E).

Los economistas del BHI observan que a diferencia de otros cultivos, para los cuales la demanda se satura en alguna asíntota, no hay límite para el consumo potencial de chalaquá, ya que pasa rápidamente por el cuerpo y nunca produce saciedad. Adicionalmente, hay una cantidad de mercados especiales. El USDA declaró al chalaquá como vegetal dentro de las normas para el programa de almuerzo escolar. La mayor corporación europea planea incorporar chalaquá en su nueva fórmula infantil, mientras que la Junta de los Rabinos Reformistas de Nueva Inglaterra ha decidido que el chalaquá es no comestible y entonces conveniente para el uso en el Yom Kippur. Se rumorea que la delegación de comercio de China está negociando una compra a largo plazo de chalaquá como parte de las Tres Modernizaciones.

Capítulo X

La biología aplicada en el Tercer Mundo: la lucha por una ciencia revolucionaria[1]

[1]Este capítulo está basado en una publicación presentada en el Instituto Gramsci, Palermo, Italia, en octubre de 1983.

Los debates sobre la naturaleza de la ciencia en el Tercer Mundo son muy diferentes de aquellos que se producen en Europa o América del Norte. En los países capitalistas industriales, la ciencia ya está profundamente arraigada en las instituciones, la vida intelectual, la política pública y la tecnología. Es un hecho de la vida cotidiana: incluso los debates sobre la política científica aceptan a la ciencia como dada y discuten principalmente sobre los usos y abusos de la ciencia o los accesos a la misma. La ciencia moderna fue creada en esos países. Si los primeros brillos de la ciencia ligada a la liberación se han visto empañados, todavía hay orgullo en sus logros y nostalgia por sus promesas.

De alguna manera, el destino de la ciencia está ligado paralelamente a la de la democracia burguesa: ambas nacieron como fuerzas exuberantes de la liberación contra el feudalismo, pero sus propios éxitos las han convertido en caricaturas de su juventud. La postura enérgicamente antiautoritaria de la ciencia se transformó en una conformidad dócil. La libre batalla de ideas dio paso a un monopolio establecido, en el que se controlan los recursos para investigación y publicaciones. El libre acceso a la información científica se redujo a raíz del secreto militar y comercial y por las barreras que impone la jerga técnica. En la mercantilización de la

ciencia, la revisión de pares es reemplazada por la satisfacción del cliente como control de calidad. Los mecanismos internos para mantener la objetividad son, en su mejor momento (en ausencia de adulación hacia los que tienen prestigio, celos profesionales, camarillas reducidas y provincianismo nacional) capaces de anular los errores y sesgos caprichosos personales, pero refuerzan los prejuicios compartidos por la comunidad científica. La demanda de objetividad, la separación de la observación y el informe, de los deseos del investigador, que es tan esencial para el desarrollo de la ciencia, se convirtió en la demanda de la separación del pensamiento y el sentimiento. Esto promueve una imparcialidad moral en los científicos que, reforzada por la especialización y la burocratización, les permite trabajar en toda clase de proyectos peligrosos y dañinos con indiferencia hacia las consecuencias humanas. El igualitarismo idealizado de la comunidad de eruditos ha demostrado ser una jerarquía rígida de autoridades científicas integradas dentro de una estructura de clase general de la sociedad y modelada por la corporación. Y donde la búsqueda de la verdad ha sobrevivido, se ha vuelto cada vez más estrecha, revelando una creciente contradicción entre la sofisticación de la ciencia dentro del laboratorio y la irracionalidad de la empresa científica en su totalidad.

La ciencia europea y norteamericana, como la democracia, se ha comercializado a gran parte al Tercer Mundo. Sus defensores alaban sus valores, lamentan sus deficiencias y aseguran su superioridad sobre otras alternativas. Pero si la ciencia europea y norteamericana ya es una caricatura de la "ciencia" vista por los defensores entusiastas, llega al Tercer Mundo como la caricatura de esa caricatura. La ciencia apareció en sus costas como la tecnología de la conquista. El conocimiento de las plantas y los minerales proporcionó los medios para la explotación y cada nuevo avance en la comprensión del suelo y la flora permitió una nueva y más profunda penetración de los colonizadores. Incluso la recolección desinteresada de especímenes

o artefactos era un saqueo de recursos para el enriquecimiento de la vida intelectual de la metrópolis que llenó sus museos.

Los fitomejoradores británicos aumentaron la producción de caucho unas diez veces, haciendo posible el sistema de plantación en Malasia. La tecnología del azúcar significó la esclavitud. La investigación en medicina tropical fue dirigida primero a proteger la salud de los líderes y su tropa, y luego cuando la tasa de mortalidad alta de los trabajadores no podía ser reemplazada reclutando inmigrantes, la medicina empezó a ocuparse de enfermedades que afectaban la eficiencia laboral. Finalmente, en el despertar de las rebeliones coloniales, la salud pública se convirtió en un instrumento de pacificación y fue estrechamente ligada a las industrias privadas de la salud como una nueva inversión rentable.

La ciencia llegó al Tercer Mundo como una lógica de dominación con teorías de superioridad racial, de progreso y de su propia superioridad intelectual:

"Si en un primer momento podía hablarse de expansión y conquista como consecuencia de la superioridad tecnológica de unas personas sobre otras, en una segunda etapa la superioridad tecnológica y la gran capacidad militar se hicieron sinónimos de racionalidad; y en la etapa final la racionalidad ya no fue presentada como una causa de la dominación y se convirtió directamente en su justificación. El hecho histórico de la expansión europea es transformado en un fenómeno natural, una consecuencia necesaria de la expansión de la Razón sobre el mundo. Una racionalidad fue transformada en la Racionalidad, una forma de conocer fue transformada en la Ciencia, un procedimiento para conocer se convirtió en el Método Científico. La enorme empresa de dominación del mundo en unos pocos siglos fue argumento suficiente para demostrar la imposición de la razón europea como un desarrollo universal y necesario."[1]

[1] Gutiérrez, G.: *Ciencia-cultura y dependencia*, Editorial Guadalupe, Buenos Aires, 1974.

Finalmente, la ciencia ingresó al Tercer Mundo como una forma de dominación intelectual. Después de que se marcharon las tropas, quedaron las inversiones; después de que se elimina la propiedad directa, permanecen las capacidades directivas, las patentes, los libros de texto y las revistas, repitiendo el mensaje de que sólo adoptando su forma podemos progresar, solo yendo a las universidades podemos aprender; solo emulando sus universidades podemos enseñar. ¡Un estudiante del desarrollo de la ciencia incluso calcula la estructura óptima de un establecimiento de investigación para América Latina promediando las relaciones de profesores de tiempo completo con los profesores asociados, los profesores asistentes, los estudiantes de posgrado y técnicos de todos los países de Europa Occidental y América del Norte!

Nuestra tesis es que muchas de las cuestiones teóricas críticas (la naturaleza de clase versus la naturaleza universal de la ciencia, su relación con otros tipos de conocimiento, el rol de la dialéctica en las ciencias naturales y la lucha de clase dentro de la ciencia) que son tratados como problemas filosóficos en Europa, pueden ser llevada a cabo en los países del Tercer Mundo como parte de una lucha política, para lograr una independencia real y completa, también como parte de la lucha para construir la ciencia en los países socialistas.

Hay cuatro abordajes principales de la ciencia en el conjunto heterogéneo de colonias, semicolonias, neocolonias y excolonias con diferentes grados de independencia, a las cuales nos referimos en términos generales como el Tercer Mundo. Estos abordajes difieren en la forma que enfrentan la contradicción de la ciencia como dominación imperialista y como progreso. El abordaje menos crítico es el pragmatismo servil. Este acepta no solo la "ciencia" sino que la registra como progreso. Los pragmáticos consideran que un desarrollo de la ciencia nacional completo es un lujo incompatible con la pobreza del Tercer Mundo y entonces optan por limitar las inversiones a la investigación de modificaciones secundarias

estrechamente definidas por los resultados mundiales y a la investigación y desarrollo local. Este enfoque es común en la mayoría de los países colonizados del Tercer Mundo. Las consecuencias de este enfoque son el reforzamiento de la dependencia económica e intelectual, las políticas económicas basadas en la subordinación al capital internacional, la dependencia intelectual y a menudo, la emigración de científicos que quieren hacer investigaciones fundamentales a nivel mundial.

El siguiente abordaje es el "desarrollista". Los desarrollistas consideran el progreso como si ocurriera sobre un único eje que va de menor a mayor. La tarea del menos desarrollado es alcanzar a los más desarrollados e incluso superarlos. Los desarrollistas no son críticos de la estructura y la ideología de la ciencia, sin embargo consideran que la ciencia en manos extranjeras podría trabajar contra los intereses nacionales. Por lo tanto, buscan un ejemplo independiente de la ciencia mundial. Dentro de este enfoque hay dos ramas, la conservadora y la radical, con una base social y perspectivas políticas muy diferentes. Comparten la visión de la ciencia como progreso, pero difieren en para quién es dicho progreso.

La rama conservadora es más fuerte en los países donde la burguesía nacional está en el poder. Son aliados pero no "herramientas" del imperialismo, manifestando un nacionalismo empresarial mientras oprimen a sus propios campesinos y obreros. Esta rama es también fuerte en aquellos países donde un gobierno colonial se transformó en un gobierno burocrático de una manera relativamente pacífica y aspira a convertirse en una burguesía nacional. Los desarrollistas conservadores enfrentan una contradicción: para mantener una posición competitiva se requiere alentar la creatividad científica. Para ello se necesitan universidades en las cuales no todos los estudiantes se concentren en las leyes, la medicina o la ingeniería civil. Pero las universidades son también peligrosas, cuando estimulan el pensamiento, tal vez piensan cosas que los desarrollistas no quieren que piensen.

Los diferentes regímenes intentaron resolver este problema de diferentes maneras. La búsqueda de especialización académica es una estrategia:

"Un conocimiento compartimentalizado significa no solo la especialización disciplinar y la diferenciación de los científicos entre sí, sino también la imposibilidad de una comprensión conjunta de la realidad y un juicio crítico de la misma. La aplicación de los especialistas al estudio de pequeñas realidades, conectadas a la totalidad por relaciones abstractas y formales, impide la evaluación crítica de esa totalidad."[2]

Esta especialización puede ser lograda a través de varias estrategias, haciendo hincapié en las físicas aplicadas, la ingeniería y las matemáticas como en Brasil; aboliendo departamentos académicos enteros, como el de psicología en Chile; o fundando colegios universitarios científico-tecnológicos privados, separados físicamente del fermento de la Universidad Nacional de México.

Pero esta educación especializada no es solo una cuestión de currículum, es coherente con una visión del mundo. Los especialistas comienzan a ver la naturaleza como separada en dominios paralelos a la organización de sus universidades, ministerios o compañías. Los problemas son reconocidos, pero aislados unos de otros, para ser resueltos interviniendo de manera separada, dejando a la totalidad inalterada. En consecuencia, para los especialistas tecnócratas, la malnutrición es tratada con suplementos dietarios; la contaminación con modelos para cada molécula y las plagas con el veneno adecuado. Inculcado de la importancia de la información científica precisa, el tecnócrata es igualmente firme en negarse a perseguir un problema más allá de los estrechos límites posibles de su especialidad y en negarse a permitir un examen de las áreas más amplias para informar su propio trabajo.

---

[2]Gutiérrez, op. cit., p. 36.

Los regímenes de los desarrollistas conservadores también hacen uso de la fuerza directa; el corte a los subsidios a las universidades y la intervención militar en ellas ha desparramado estudiantes argentinos por toda Latinoamérica. Los regímenes más seguros pueden adoptar una estrategia de libertad cooptada, en la cual los científicos pueden pensar y discutir todas las cuestiones dentro de los confines de la Universidad Nacional y pueden publicar tratados académicos, pero no pueden hacer circular sus conclusiones en folletos populares (Colombia) u organizarse para llevar a cabo sus programas (México). Esta estrategia resulta en una forma curiosa de ciencia abstracta aplicada en la cual los planes innovadores son creados para mejorar la agricultura, promover la salud y proteger el ambiente, con el acuerdo tácito de que nunca serán puestos en práctica.

El desarrollismo radical parte de premisas políticas diferentes. Es antiimperialista, comprometido al servicio del pueblo e incluso socialista. Los desarrollistas radicales aceptan parte de la crítica a la ciencia, que se mercantilizó, que es utilizada para obtener ganancias y para la guerra y que trata de monopolizar el conocimiento. Quieren una ciencia nacional completamente desarrollada con una agenda determinada por las necesidades del pueblo. Generalmente promueven la popularización y la participación en la ciencia, y abren las puertas de la educación científica para todos. Demandan un servicio de salud expandido, mejorar el nivel de salud en el trabajo y programas de conservación.

En los países capitalistas los desarrollistas radicales son voces críticas disidentes contra el saqueo de sus recursos naturales, la hegemonía de los intelectuales extranjeros y los servicios de salud con fines lucrativos. Pero en las sociedades revolucionarias, donde ellos son la voz dominante en la ciencia, juegan un rol ambiguo y a veces perjudicial. La ideología de la "modernización", de progreso unidireccional, tiene una carga poderosa en sus pensamientos. A veces combinada con un profundo sentimiento de urgencia por

conocer las necesidades de la gente y los resultados en un pragmatismo estrecho, la promoción de la especialización y la aprobación entusiasta de los métodos de producción y de investigación que ya resultaron "exitosos". Están impresionados por los destellos de la ciencia "avanzada" (cuanto más molecular y cara, más impresionados están). Este enfoque les permite plantar monocultivos de madera para obtener recursos para las viviendas lo más rápido posible, pero subestimar el daño que producen los brotes de plagas. Pueden liquidar los bosques para cultivar alimento para la población y desechar el peligro de la erosión. Pueden importar pesticidas tóxicos y esperar prevenir el envenenamiento mejorando la protección para los trabajadores, pero no están convencidos del impacto ecológico sugerido.

La única diferencia mayor entre la miopía de los radicales y de los desarrollistas conservadores es que los primeros no tienen un interés real en esconder el daño que causa la tecnología "moderna", mientras que los segundos tienen un compromiso directo o indirecto con los beneficios empresariales. Los desarrollistas radicales pueden ser convencidos con el argumento de que un curso de acción es socialmente perjudicial; una vez que toman conciencia de una cuestión ecológica particular, se preocupan. Por ejemplo, en la Primer Conferencia Ecológica en Cuba en 1980, los representantes de la industria alimenticia fueron los únicos que levantaron el problema del deterioro del ambiente causado por la acumulación de cáscaras de arroz cerca de los molinos y de semillas de mango cerca de las fábricas de jugo. Por el contrario, las acciones económicamente racionales, pero socialmente irracionales de los desarrollistas conservadores pueden ser revertidas solo por una confrontación política, en la cual los argumentos científicos no son más que un arma.

Pero un desarrollista radical es incapaz de hacer frente a la contradicción entre la ciencia como el aumento del conocimiento humano y como un producto de clase. Ellos se concentran en la

primera parte de la contradicción y reducen su opuesto a la cuestión de los usos y abusos de la ciencia. La otra parte de la contradicción está representada por otros movimientos separados, por las ideologías humanistas y místicas anticientíficas. Este enfoque solo ve el aspecto opresivo y anti-imperialista de la ciencia y la rechaza en todo o en parte. Consideran la cuantificación y la abstracción como deshumanizante y la aplicación tecnológica como destructiva. Contraponen un holismo humanista, amable y espiritual a la ciencia euro-norteamericana reduccionista, compartimentalizada y agresivamente explotadora. Y generalmente subrayan su carácter extranjero y alienado.

Dentro del movimiento marxista mundial, los desarrollistas radicales han coexistido con la crítica dialéctica revolucionaria de la ciencia. Ha sido reforzada por la aceptación pasiva de la necesidad de progreso sucesivo (principalmente material) que a veces pasa por materialismo histórico. Este enfoque se fortalece por la repulsión a los esfuerzos de Lysenko de crear conscientemente una ciencia marxista distinta y por el rol de la cooperación científica internacional en promover la coexistencia pacífica o la lucha contra el hambre y la enfermedad. En Europa los desarrollistas radicales encajaron con la petición eurocomunista de respeto y aceptación diciendo, "vean, no somos realmente tan peligrosos. Podemos diferir *dentro* de la ciencia, pero no *sobre* la ciencia, que es parte de nuestra herencia común. ¡De hecho, podemos liberar a la ciencia para que desarrolle su potencial!"

Contra la posición de los desarrollistas radicales está la crítica dialéctica revolucionaria de la ciencia, que intenta reconocer ambos aspectos de la naturaleza contradictoria de la misma. A pesar de que los marxistas han contribuido a esta crítica como individuos, esta se ha desarrollado sobre todo fuera del marxismo institucionalizado, en el contexto de los movimientos por el feminismo, la nueva izquierda, la ecología, la medicina alternativa y la ciencia radical en

los países capitalistas industriales y alrededor de los bordes de los movimientos de liberación nacional en el Tercer Mundo.

Este punto de vista no encontró aún una expresión programática coherente e integral. Su idea principal es que la ciencia moderna es un producto de la revolución burguesa y la era del imperialismo. Fue creado principalmente por el hombre blanco de clase media de Europa y Norte América para satisfacer sus propias necesidades materiales e ideológicas y es sostenida, alentada y tolerada principalmente por ese mismo sujeto. Estas condiciones de sus orígenes y existencia no pueden dejar de penetrar todos los aspectos de la ciencia. En particular, la determinación social de la ciencia opera tanto a escala histórica local como mundial. Por un lado, la ciencia de cada país es parte de la ciencia mundial, un producto del desarrollo internacional de capitalismo. Por otro lado, refleja la historia particular de cada país, su posición en el sistema internacional, los orígenes y funciones de su propia comunidad científica. El resultado no es una "ciencia universal" homogeneizada que solapa particularidades nacionales, sino un patrón de ciencias de desarrollo desigual paralelo al del capitalismo. Debemos entender esa desigualdad antes de involucrarnos en una cooperación internacional científica.

La ciencia en los países capitalistas industriales es una ciencia privilegiada, que es posible por el excedente económico acumulado de todo el mundo. La abundancia de recursos físicos, bibliotecas, universidades y científicos permite tanto una investigación extensiva dirigida a objetivos prácticos como una exploración teórica dirigida a la comprensión general de la naturaleza. Pero esa ciencia es inválida porque está subordinada a los intereses generales (a veces particulares) de la burguesía y privada de trabajar hacia metas verdaderamente humanas a causa de la comercialización, el militarismo, la organización interna y la ideología. La designación "burguesa" no es un juicio de validez de cualquiera de sus conclusiones sino un reconocimiento de sus contingencias históricas.

La ciencia marxista de los países capitalistas industriales comparte el privilegio del excedente económico. Sin embargo, no podemos utilizar este recurso para desarrollar una ciencia que realmente sirva para las necesidades a largo plazo y globales de nuestro pueblo. Nuestros mejores análisis son generalmente "irrealistas" (esto es incompatibles con la relación capitalista o inverosímil dentro de las limitaciones de las ideologías dominantes). En asociación con los movimientos políticos podemos luchar para mejorar la salud, para hacer más racional la agricultura y la protección ambiental. Y podemos polemizar contra la creación ideológica más opresiva utilizada para justificar la opresión. Al mismo tiempo, somos libres de la responsabilidad enorme de construir una nueva sociedad socialista, que domina la vida de nuestros compañeros en los países revolucionarios. Este aislamiento y privilegio nos permite llevar adelante investigaciones y elaborar teorías de una manera que es bastante general, delicada y poderosa pero que también está condenada a la abstracción excesiva.

La ciencia del Tercer Mundo es también incompleta y unilateral. Está limitada por la falta de recursos, bibliotecas y comunicación con la ciencia mundial. Adolece de la hegemonía intelectual de la ciencia mundial (burguesa). En el Tercer Mundo capitalista, la producción de científicos es escasa en relación a sus necesidades, pero es abundante en relación a la capacidad del país (equipamiento, financiamiento de la ciencia y para aplicar los resultados en la práctica). Esto esta distorsionado por el reclutamiento de científicos en la función pública, donde el movimiento ascendente en la jerarquía está condicionado a la prudencia antes que a la audacia.

Las sociedades revolucionarias del Tercer Mundo tienen la misma falta de recursos, una disparidad abrumadora entre las necesidades urgentes de la población y los recursos materiales e intelectuales para satisfacerlas. El compromiso intelectual de los planificadores marxistas en cuestiones de largo plazo y globales se transforman en conflictos parciales por un compromiso político urgente.

Cuando los científicos marxistas de los países capitalistas industriales y de las naciones revolucionarias del Tercer Mundo colaboran en el desarrollo socialista, tenemos diferentes fortalezas y debilidades, y somos igualmente productos de nuestras diferentes condiciones sociales. Los errores típicos de los países capitalistas son la abstracción excesiva y las preocupaciones de largo plazo. Los marxistas de naciones revolucionarias son más propensos a errar en su pragmatismo. Nos reunimos para construir una solidaridad contra dos distorsiones comunes. Por un lado, la repetición del viejo patrón de arrogancia y dominación de Europa y Norteamérica, complementada por el respeto del Tercer Mundo hacia los expertos "avanzados" y acreditados. Por el otro lado, la pasividad impulsada por la culpa de los científicos occidentales complementada por el nacionalismo revolucionario del país anfitrión.

La base de la cooperación es que la ciencia mundial, a pesar de estar concentrada en algunos países, fue posible por el trabajo de todo el mundo y legítimamente pertenece a todas las personas. La revolución en cualquier parte del mundo es heredera no solo de la historia de la lucha de esas personas, sino de más de un siglo de luchas internacionales políticas e intelectuales. Por lo tanto la revolución nos pertenece a todos los que nos oponemos al imperialismo y luchamos por el socialismo.

Una tarea central para un programa marxista de solidaridad internacional en la ciencia es examinar la contradicción entre ésta como producto de clase y como progreso del conocimiento humano, con el fin de reconocer su historicidad y, por lo tanto, rechazar la idea de que el desarrollo científico actual en el Tercer Mundo debe recapitular la historia de la ciencia europeo-norteamericana. Tenemos que repensar los problemas de la investigación práctica en línea con la investigación fundamental, buscando la división apropiada del trabajo científico, reconciliando la necesidad de conocimiento especializado con una mirada más amplia, integrando

el conocimiento profesional con el popular y entrenando científicos revolucionarios.

La colaboración científica es el lugar tanto de la cooperación como del conflicto. Cuando los científicos marxistas trabajan con los científicos no-socialistas de las Naciones Unidas, o en programas de desarrollo o ayuda nacional y privada, la relación es del tipo cooperación sin conflicto. La cooperación está fundada sobre una cultura científica compartida y los objetivos de programa establecidos, como por ejemplo mejorar la salud o la agricultura. Pero esto tiene lugar sin conflicto, mientras nosotros vemos la lucha por la salud, la agricultura o la protección del ambiente dirigidas hacia la construcción de una sociedad nueva con relaciones diferentes entre las personas y la naturaleza, los promotores de estos programas los ven más como medios para preservar las sociedades existentes (generalmente expresadas como la promoción de la estabilidad). Los trabajadores científicos generalmente no concuerdan con estos objetivos globales, sino que se ven a ellos mismos como promotores humanitarios, con objetivos apolíticos como reducir el hambre. Pero el pre-requisito para su empleo es que van a perseguir estos objetivos sujetos a las limitaciones del "realismo": los programas nutricionales no deben preguntarse por la distribución de la salud, los fitopatólogos no deben tocar la tenencia de la tierra, los economistas agrícolas asumen la producción como una ganancia. Al mismo tiempo los aspectos cooperativos y conflictivos pueden estar en primer plano, pero la relación básica es del tipo de cooperación sin conflicto.

Por otro lado, la relación entre los científicos revolucionarios de los países capitalistas industriales y los socialistas del Tercer Mundo es de conflicto sin cooperación. La cooperación deriva de los objetivos comunes de construir el socialismo y oponerse al imperialismo. El conflicto surge de las experiencias diferentes dentro de nuestras sociedades. Mientras que los que han sido excluidos de la ciencia mundial en el pasado subrayan la necesidad de unirse y compartir

sus frutos, los que hemos estado inmersos en la más moderna ciencia burguesa estamos más movilizados por la necesidad de criticarla. Mientras que los planificadores socialistas sufren de la carencia de experiencia en cientos de especialidades, nosotros somos más conscientes de la opresión que genera el culto al experto. Mientras ellos consideran la producción de científicos con grados avanzados como un triunfo del trabajo humano y entonces los títulos de honor son una medida del progreso, nosotros más a menudo vemos los grados y títulos como parte de un sistema para regular el privilegio y la cooptación y por lo tanto, a veces los despreciamos. Mientras que nosotros luchamos por una ciencia que niega las características más opresivas de la vida científica de nuestros países, nuestros camaradas tienen un gran sentido de la urgencia de sus economías nacientes.

Por supuesto, estas diferencias no son ni universales ni absolutas, y mencionarlas es ya un paso en su resolución. Pero indican una dimensión del conflicto dentro de la cooperación que debe ser comprendida como pre-requisito para una solidaridad internacional efectiva. No hace falta decir que los procesos de conflicto dentro de la cooperación son posibles solo si están embebidos en la más amplia solidaridad de la lucha antiimperialista.

Esta crítica, a diferencia de las respuestas más nacionalistas a la ciencia, no rechaza automáticamente los descubrimientos de la ciencia como falsos o irrelevantes porque son extranjeros o históricamente contingentes. Pero insiste en que esa contingencia debe ser explorada punto por punto antes de tomar decisiones sobre qué adoptar de la ciencia mundial para una sociedad revolucionaria del Tercer Mundo.

El principal problema de la ecología aplicada en los países del Tercer Mundo está ligado a la agricultura, la salud pública, la protección del ambiente y la administración de recursos. Aquí nos concentramos en la agricultura y nos referimos a las otras solo brevemente.

El pragmático y el desarrollista conservador acuerdan en su enfoque de la agricultura: una agricultura moderna y progresiva atraerá inversiones extranjeras a través de los agronegocios; transferirá y adaptará un enfoque capital-intensivo de alta tecnología, basado en el mejoramiento de los cultivos, fertilizantes químicos, pesticidas, irrigación y mecanización, y llevará a los campesinos a los mercados nacionales e internacionales a través de la especialización en cultivos comerciales. Los objetivos políticos son la creación de burguesía rural agresiva y técnicamente progresiva, para ser la base política de apoyo para el capitalismo dependiente y un proletariado rural, que puede luchar por objetivos económicos pero que no podrá desafiar el sistema. Este incremento de la producción agrícola o de las ganancias en el intercambio abarataría, así, los bienes-salarios en las ciudades.

Este modelo para la agricultura se implementó desigualmente en distintas áreas del Tercer Mundo y fue sujeto de muchas críticas. Muchas de estas críticas se aplican también a las sociedades industriales, pero son especialmente importantes en el Tercer Mundo. Primero, la alta tecnificación agrícola destruye sus propias bases productivas. La agricultura se ve amenazada en todas partes por un aumento de la erosión, disminución los niveles freáticos, la salinización, la compactación del suelo, el agotamiento de los nutrientes y la destrucción de la estructura del suelo. Bajo las condiciones tropicales de la mayoría de las regiones del Tercer Mundo, estos problemas están exacerbados. En las regiones más prósperas pueden ser ocultadas un tiempo por el aumento de la inversión. En regiones de suelos profundos y una adecuada distribución de las precipitaciones, pueden ser ignoradas por décadas. Pero en los hábitats frágiles en los cuales la agricultura comercial se está expandiendo, esto es menos posible. Debe recordarse que la agricultura de capital intensivo y alta tecnología es un sistema ecológico inestable.

Los monocultivos con alta tecnología aumentan la vulnerabilidad de la producción a fluctuaciones naturales y económicas. Las

variedades de plantas desarrolladas por la revolución verde dan un alto rendimiento solo bajo las condiciones óptimas que producen el uso de fertilizantes, agua y manejo de pesticidas. Tienen que ser seleccionadas para que la mayor parte de su energía se destine a la producción de granos más que a las partes vegetativas; como el tallo corto y robusto resultante es más fácil de superar por las malezas, se hace obligatorio el uso de herbicidas. El reducido crecimiento de las raíces aumenta la sensibilidad de las plantas a la escasez de agua. La irrigación amortigua las variaciones caprichosas de las precipitaciones pero aumenta la sensibilidad de los agricultores al precio del combustible. Los fertilizantes ricos en nitrógeno y los efectos estimulantes del crecimiento de los herbicidas hacen que las plantas sean más vulnerables y atractivas para los insectos. El uso de fertilizantes compensa las variaciones locales de los nutrientes pero hace que el precio de los fertilizantes sea parte del ambiente de las raíces de las plantas. El monocultivo remueve la diversidad como una de las protecciones tradicionales contra la incertidumbre.

A pesar de la tecnología agrícola moderna, las pérdidas de la cosecha por las plagas no se redujeron desde 1900 y probablemente estén aumentando. Con el incremento de áreas sembradas con un único cultivo de alto rendimiento, más especies de plagas invaden el cultivo y el uso de pesticidas, por lo general, genera problemas con nuevas plagas por la destrucción de sus predadores. La producción comercial de semillas reduce la diversidad varietal e interrumpe el proceso de adaptación local y difusión que crearon los cultivos que actualmente conocemos.

La tecnología moderna afecta de manera adversa la salud de la población. Los pesticidas son venenosos, la Organización Mundial de la Salud estimó hace algunos años que 500.000 personas son envenenadas y alrededor de 5.000 mueren por los pesticidas cada año. El envenenamiento está en su peor momento, donde la regulación estatal es más débil, donde las medidas de protección no están disponibles, donde los niños acompañan a sus padres al campo y

donde el analfabetismo hace que las etiquetas de advertencia sean irrelevantes.

La diversidad de cultivos ha disminuido a medida que los agricultores optaron por el producto más rentable. El cultivo de hierbas (maíz, arroz, sorgo) responde mejor a las nuevas tecnologías y en consecuencia ha expulsado a los garbanzos y otras legumbres. La soja producida para la alimentación del ganado desplazó a los frijoles negros, entonces la producción de proteínas aumentó, pero la disponibilidad de proteínas disminuyó. La selección de cultivos para la producción total y la dimensión del valor de los insumos químicos por sus efectos en el rendimiento, generalmente resultan en un descenso de los valores nutricionales del cultivo.

La tecnología moderna en la agricultura bajo el capitalismo altera la estructura de clase rural: los arrendatarios son desalojados y reemplazados por asalariados que no tienen tierras para complementar la producción de subsistencia; la tierra está cada vez más concentrada y la población rural excedente se mueve a las ciudades, donde se unen a las masas de desocupados. Las innovaciones particulares tienen consecuencias particulares: los herbicidas reemplazan el trabajo manual y entonces aumenta la desocupación entre las mujeres; el monocultivo generalmente aumenta el desnivel de demanda laboral. Mientras que los hombres jóvenes están relativamente libres para seguir el ciclo del cultivo, las mujeres solteras con hijos son capaces de cultivar de manera independiente sólo sobre la base del cultivo mixto que amplia los requerimientos laborales. Y desde que las nuevas tecnologías son en su mayoría válidas solo para los hombres, el progreso tecnológico en la agricultura promueve la desigualdad sexista.

La tecnología agrícola moderna provoca un deterioro ambiental. El escurrimiento de los fertilizantes lleva a la eutrofización de los lagos, el agregado de nutrientes favorece el crecimiento de las especies de algas, que luego decaen, absorbiendo el oxígeno y dejando condiciones deficientes de oxígeno que mata a los peces y los

invertebrados. El aumento de la erosión acelera la sedimentación en los lagos y estanques y aumenta la turbidez, de manera que la producción de la vida acuática disminuye. Los pesticidas penetran en todos los ecosistemas, matando a la vida silvestre y no solo favoreciendo las plagas agrícolas sino los vectores de enfermedades. Cuando el algodón, que es muy dependiente de los pesticidas, es introducido en nuevas regiones, la malaria aumenta. Las promesas de altos rendimientos alientan a los agricultores a expandir cultivos anuales hacia los bosques, hasta las laderas y en general en los hábitats más frágiles.

La mayoría de los esquemas de desarrollo agrícola intentan vencer a la naturaleza con la tecnología y descartar el conocimiento local, garantizando así sorpresas desagradables, socavando la capacidad de los agricultores de entender lo que está ocurriendo y reforzando la dominación ideológica. Los fundamentos intelectuales de la ciencia agrícola moderna están dominados por el pragmatismo del corto plazo, la especialización estrecha y el reduccionismo que impide el tipo de visión global que puede anticipar los problemas, que de otra manera llegan como sorpresas. Este punto de vista está enraizado tanto en la filosofía de la ciencia imperante como en la mercantilización de la ciencia.

Finalmente, la conclusión más importante es que la agricultura "moderna" de alta tecnología es ecológicamente una etapa temporaria, una relación inestable con la naturaleza que está rápidamente alcanzando su límite y debe ser reemplazada por un sistema de producción radicalmente diferente. Pero ni los desarrollistas radicales ni los conservadores extraen esa conclusión.

Capítulo XI

El sistema de pesticidas[1]

[1]Este capítulo fue publicado por primera vez en *The Pesticide Syndrome*, editado por Linda Siskin (Earthworks Publications, Centro de Estudios rurales, San Francisco, 1979).

Para entender el problema de los pesticidas, tenemos que examinarlos en sus tres aspectos principales: como sustancias químicas que se mueven a través del ambiente de una manera específica y envenenan a los seres vivos; como mercancías producidas y vendidas con el único propósito de obtener ganancias; como el producto de la investigación, reflejando el estado del arte y el sistema de creencias sobre la organización de la investigación.

Los pesticidas son un gran negocio. En 1973 fueron vendidos herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas y rodenticidas por un valor de 1.344.000.000 dólares, representando un cantidad física de 1.3 billones de libras o entre uno y dos libras por acre para todo el país. La producción es controlada por alrededor de ochenta a cien productores primarios, incluyendo a los gigantes Shell Oil, Mobil, Dupont, Monsanto, Tenneco, Merck, Ciba-Geigy, American Cyanamid y Union Carbide. Sus productos luego son formulados (combinados en productos multipesticidas con aditivos, disolventes, etc.) por cerca de mil ochocientas compañías, las cuales comercializan a los concesionarios o directamente a los consumidores por pedido postal (a través de catálogos de semillas, por ejemplo).

Es muy costoso desarrollar un nuevo pesticida. Por cada uno que eventualmente ingresa al mercado, se analizaron entre cientos o miles de productos potenciales. Luego, del mercado va a la biosfera. Los gerentes de investigación estiman que desarrollar un producto cuesta entre 8 y 10 millones de dólares, invertidos en un plazo de cinco a diez años. Una vez liberado, compite con otros productos dirigidos a la misma plaga; si tiene éxito, se convertirá en un blanco para la investigación "imitativa" de otras compañías, que buscan maneras de evitar la patente o esperan hasta que se agote.

Desde que los pesticidas son mercancías, se van a desarrollar o producir solo si prometen una buena ganancia. No es sólo cuestión de ser vendidos, sino que la tasa de retorno debe ser al menos tan buena como las de las inversiones empresariales alternativas: mejorar la eficiencia de producción, sobornar a los burócratas, intensificar los esfuerzos de ventas, comprar una junta militar, abrir un negocio de alquiler de coches o comprar una compañía de semillas. Para ser competitivo, un nuevo pesticida debe tener un mercado posible de unos 10 a 12 millones de dólares anuales. Esto significa que debe ser dirigido a la mayor plaga del mayor cultivo o debe ser un veneno de amplio espectro.

Cualquier retraso en la licencia del producto o cualquier demanda para completar los controles de toxicidad o impacto ambiental aumentan el costo y recortan las ganancias. Por lo tanto, la corporación es resistente a enterarse sobre los impactos ambientales, reacia a permitir regulaciones ajustadas de las licencias, hostil con los ambientalistas y escéptica con enfoques alternativos de control de plagas. Esto se expresará sus actitudes hacia el esfuerzo por las relaciones públicas, la asignación de fondos para la investigación, las breves juntas de audición, las presentaciones a asociaciones profesionales y los artículos en revistas especializadas.

El resultado de la búsqueda de formas de convertir petróleo en mercancía que los agricultores pueden vender es, por lo general,

un veneno de amplio espectro con las siguientes características principales:

1. Debe ser un veneno, tóxico a una tasa de aplicación recomendada.

2. Debe ser soluble en el material de dispersión en los niveles a utilizar.

3. Debe ser lo suficientemente persistente para provocar la muerte. Pero como las quejas sobre los efectos no deseados se hicieron más comunes, hay ventaja en los materiales más tóxicos y menos persistentes.

Los pesticidas tienen tres propiedades importantes. Primero, se convierten en algo más. Las moléculas originales son transformadas, ya sea después de ser absorbidas por un organismo o por el suelo, o bajo la influencia de la luz o una bacteria. Al principio la desaparición del pesticida era tomada como una evidencia de que ya no tenía efecto. Pero ahora sabemos que el aldrín se transforma en dieldrín en el suelo y que, luego de ser absorbidos por las plantas, algunos herbicidas se vuelven mutagénicos. Por lo tanto, evaluar el impacto requiere rastrear las transformaciones químicas del pesticida.

Segundo, cuanto más amplio el pesticida, menos predecible es el alcance de su toxicidad. Además, hay una enorme variación en la susceptibilidad de los organismos a los pesticidas de acuerdo a la especie, el estado de desarrollo, el estado fisiológico y el ambiente. Algunos efectos son inmediatos y otros aparecen gradualmente o bajo circunstancias especiales. Por ejemplo, el DDT es liposoluble y por consiguiente se acumula en los tejidos grasos de los animales. Esta grasa se degrada durante etapas críticas (como cuando un pez emerge de un huevo) y durante la inanición. En otros momentos se mantiene aislado en órganos vitales y más o menos se tolera.

Tercero, los tóxicos se mueven a través del ambiente, que en sí mismo es muy variable. Incluso en pequeñas distancias, hay diferencias en la temperatura del suelo (20° C o más en los días

calurosos despejados), sitios secos y húmedos, partículas de arena y de materia orgánica en descomposición y una tremenda diversidad de químicos. Cada pesticida tiene su propio patrón de movimiento: algunos se disuelven en agua y percolan en el suelo o son barridos del terreno por la lluvia; otros no se disuelven en agua pero se adhieren a las partículas del suelo y son arrastrados por el viento. Algunos se concentran en las plantas. Pero en todos los casos son distribuidos muy desigualmente: en algunos lugares la concentración es mil veces mayor que el promedio, y en otros lugares podría estar totalmente ausente.

Para ser efectivo, la mayoría de los pesticidas deben entrar al cuerpo de las plagas. Antes e incluso después de que mueren, la plaga se mueve, a veces a lo largo de grandes distancias, y puede ser comida por otros animales, que a su vez se mueven. Por lo tanto el impacto del pesticida sobre el ecosistema debe ser rastreado lejos del lugar de aplicación.

Los agricultores usan el mejor método disponible para controlar las plagas. Pero, ¿quién determina lo que está disponible? El método que ha sido utilizado a lo largo de las últimas tres o cuatro décadas surge como producto de los esfuerzos combinados de la industria privada, el Departamento de Agricultura y las universidades estatales. Para la industria privada la dirección de la investigación esta dictaminada por las metas de rentabilidad directa, la seguridad y amplitud del mercado.

Los laboratorios públicos tienen una misión bastante diferente. Sin embargo, hasta hace poco su esfuerzo por el control de las plagas no difería del de las industrias químicas. Por algo la estrategia del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos siempre se ha dirigido a aumentar los insumos tecnológicos dentro de la agricultura. Los pesticidas encajan dentro de esta estrategia. Parecen funcionar y son coincidentes con la filosofía del pragmatismo de corto plazo que domina la investigación agrícola. Los Departamentos de Entomología de las universidades públicas

trabajan cooperativamente y comparten una cultura común con las compañías químicas. Esta no es una revelación escandalosa: si uno acepta el rol de las empresas privadas en la economía y el compromiso con una agricultura moderna, capitalista y capital-intensiva, esta colaboración es bastante natural. Las instalaciones públicas prueban el pesticida producido por fabricantes privados y utilizan los honorarios para subsidiar las becas estudiantiles; la industria les da becas de investigación a los entomólogos; los agentes de extensión se hacen eco de las recomendaciones de los representantes de venta. Durante la mayor parte del período en cuestión, la mayoría de las investigaciones y publicaciones relacionadas al control de plagas se refieren al control químico. Entonces, no es sorprendente que sepamos mucho más sobre química que sobre el control biológico y que el patrón de nuestro conocimiento e ignorancia refuerce la rueda de los pesticidas.

El USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) no es muy conocido por su autocrítica. Responde al libro de Rachel Carson *Primavera silenciosa* casi tan airadamente como a las industrias químicas: "no hay evidencia de que el pesticida sea dañino, lo conocemos desde el principio y estamos observándolo de cerca, y si nunca estuvieron al lado de un agricultor cuando pierde su cosecha por los gorgojos, ¿quiénes son para hablar? Además tenemos la agricultura más productiva del mundo, así que cállense."

Cuando surgen problemas de posibles efectos de los pesticidas, los defensores de los productos siempre tratan de reducir el alcance de la investigación a sus consecuencias inmediatas, directas y medibles y luego restarles importancia. Los críticos de los pesticidas, por otro lado, insisten en que el ecosistema está fuertemente interconectado, es altamente variable y vulnerable. Así, los debates acerca del impacto ambiental se transforman en filosofía de la naturaleza. ¿Están las cosas simplemente aisladas o están excesivamente interconectadas? ¿Es el comportamiento promedio de las sustancias químicas y de los organismos una base adecuada para la toma de

decisiones o debemos preocuparnos por las desigualdades del mundo? ¿Debemos "ser realistas" y adherirnos a los costos y beneficios mensurables o debemos preocuparnos por todo tipo de consecuencias de lo que hacemos? Gradualmente, vemos un choque entre las visiones del mundo del reduccionismo mecanicista y del materialismo dialéctico.

Pero se enfrentan al siguiente problema: "si no podemos usar pesticidas, ¿qué podemos usar?" Los críticos de los pesticidas solo tienen respuestas generales. El potencial del control biológico e integrado de plagas es reconocido, pero el detalle del conocimiento necesario para la práctica inmediata es escaso. No es que el control integrado es inherentemente más difícil, sino que el pasado histórico de la investigación, al ser creado por intereses económicos y sesgos teóricos, ha conspirado para dar un patrón de conocimiento e ignorancia que refuerza la concentración continua sobre la investigación de "balas mágicas". Por lo tanto, la lucha para cambiar la tecnología agrícola es también la lucha para cambiar la dirección de la investigación, un cambio que puede ser impuesto sobre la industria solo desde el exterior por las víctimas directas e indirectas de los pesticidas en colaboración con los científicos disidentes.

Capítulo XII

Las necesidades de investigación para la salud de la comunidad latina[1]

[1]Este capítulo está basado en una charla realizada en un simposio sobre la salud de la comunidad latina en el Centro de educación en el área de salud de Boston, en septiembre de 1982.

No hay actualmente un abordaje teórico general de la salud de las comunidades de América Latina en los Estados Unidos. Esto no sorprende, ya que no hay una teoría general de la salud de ninguna comunidad. Tenemos conocimiento clínico, procedimientos para diagnosticar y tratar las principales enfermedades que amenazan la vida, que no son exclusivas de las comunidades latinas. Tenemos estadísticas que muestran la frecuencia de las causas de muerte entre los latinos y mucha menos estadística certera sobre la morbilidad. Esta situación está muy lejos de una descripción del patrón de salud, a pesar de que muestre problemas especiales a nivel epidemiológico. Tenemos alguna información sobre los recursos para el cuidado de la salud o al menos de los recursos institucionales que atienden a las áreas concentradas de población latina. Y, finalmente sabemos que las mayores comunidades latinas en los Estados Unidos (chicanos y puertorriqueños) son comunidades pobres y que de manera general la pobreza está relacionada con una salud deficiente. Pero no entendemos la estructura de esa pobreza, ni tampoco sabemos las vías específicas que unen los aspectos de la pobreza con los efectos en la salud.

Podemos establecer algunos prerrequisitos para el desarrollo de dicha teoría. Esta requerirá de una mejor caracterización de las

comunidades latinas, metodología para enfrentar con problemas especiales de recolección e interpretación de información en esas comunidades y avances en el uso de técnicas para el estudio de la causación múltiple en sistemas cambiantes. Estas técnicas, que serán beneficiosas para la salud pública general, son tal vez especialmente urgentes para el trabajo de salud pública entre latinos, negros y americanos nativos, grupos que experimentan cambios rápidos y que, a causa de su pobreza, son especialmente vulnerables a las decisiones hechas por fuera de sus comunidades.

Primero, las comunidades que nos interesan no están identificadas de manera precisa. Dado el movimiento elevado de las personas con empleo inestable y los cambios rápidos de los patrones urbanos, los datos censales están lamentablemente retrasados con respecto a la realidad demográfica latina. La agregación de barrios implica que el intento de utilizar los datos de la sección censal sería como mirar a la comunidad a través de un vidrio deformado. Camayd Freixas[1] mostró que las búsquedas electrónicas basadas en apellidos hispanos están sujetas a un gran margen de error: por un lado, los puertorriqueños tienen muchos nombres en común con personas hispano-parlantes y con los portugueses; por otro lado, nombres como O'Neill, Colberg, Galib, Pietri, Gautier y Yambó son nombres puertorriqueños perfectamente respetables de origen no hispano. Los matrimonios mixtos resultan en familias mixtas que son en parte asimiladas tanto dentro como fuera de la comunidad puertorriqueña, una situación que no es fácilmente abarcada por la definición formal. La inclusión de la categoría "hispano" en el censo no distingue las nacionalidades, a pesar de que la demografía, economía y estructura social de, por ejemplo, los cubanos

---

[1]Camayd Freixas, Y.: "Acritical assesment of a computer program designed to identify hispanic surnames in archival data", in *Journal of Latin Community Health*, nº 11, 1982, p. 41-54.

y los puertorriqueños es diferente. Tampoco incluye a los niños de migrantes, que nacieron en Estados Unidos.

La alta movilidad residencial y ocupacional de los puertorriqueños interfiere con los estudios epidemiológicos de dos maneras. Primero, la gente se aleja y abandona los estudios de amplio alcance. Incluso si al principio una muestra incluye latinos en relación a la población total, estarán sub representados en la muestra final. Además, aquellos que se mueven pueden ser distintos en características estadísticas importantes de aquellos que permanecen en un lugar por varios años. Suponemos que aquellos que se movilizan son la subpoblación más vulnerable, entonces los estudios de amplio alcance tenderán a subestimar los problemas de salud dentro de la población latina en su conjunto.

Segundo, los estudios retrospectivos de una exposición ambiental u ocupacional riesgosa para la salud, requieren muestras poblacionales que estuvieron expuestas por cinco años o incluso más tiempo para los factores sospechados de ser carcinógenos. Por lo tanto, la mayoría de la población latina estará subrepresentada en estos estudios tanto por su alta movilidad como porque las ocupaciones en las que están concentrados también tienen tasas de rotación elevadas. Dos condiciones necesarias para una descripción adecuada de la situación de la salud de estas comunidades es tener registros de salud transferibles permanentes y una visión menos atomista del medio ambiente.

Mientras que las consideraciones demográficas generales, mencionadas anteriormente afectan los denominadores de cualquier medida de frecuencia epidemiológica, el numerador es a menudo impreciso. Una vez que vamos más allá del simple dato de mortalidad o morbilidad, aparecen nuevos problemas. Primero, hay inconsistencias en los informes diagnósticos. Segundo, la relación entre los casos clínicos vistos y el total de casos depende de muchos factores relacionados con la disponibilidad de cuidados médicos, la voluntad de usarlos y la creencia de lo que constituye una verdadera

enfermedad. Los registros de asistencia escolar pueden ser indicadores útiles de la salud de los niños si conocemos qué consideran los padres como justificación suficiente para la ausencia, y con qué frecuencia los niños permanecen en su casa por otras razones o sin la aprobación de sus padres. La proporción de visitas médicas para, por ejemplo enfermedades cardiovasculares en relación a la mortalidad, sería un indicador de la utilización de los servicios médicos por parte de poblaciones diferentes, una relación baja indicando sub-utilización.

Pero todos estos enfoques van a conducir en última instancia a resultados ambiguos sin una investigación sociológica más profunda. Cualquier tipo de investigación se debilita por una percepción común entre los latinos, que a menudo ha demostrado ser exacta, que indica que dar información veraz a las instituciones de la sociedad resulta en un daño a sí mismos. Por lo tanto, debemos encontrar formas no amenazantes para utilizar con comunidades latinas para poder reunir la información necesaria. Los trabajadores de la salud podrían ser reclutados de las comunidades, los servicios de salud podrían cooperar en la organización de la comunidad y los trabajadores del servicio de la salud podrían mantener lazos informales con la comunidad que atienden.

La caracterización de las comunidades latinas adolece de algo más grave que los sesgos estadísticos. Los eufemismos sociológicos comunes, como "minoría", "desventaja", "bajos ingresos" o "ciudad del interior" reconocen solo variaciones cuantitativas dentro de la población americana, ocultando las situaciones cualitativas diferentes. La realidad fundamental es que todas estas personas incluidas en estas categorías son personas oprimidas. Fueron tanto traídas a Norte América involuntariamente como esclavos o fueron conquistados y expropiados en sus propias tierras o fueron colonizados y forzados a migrar por las condiciones coloniales de sus lugares de origen.

La opresión produce un patrón coherente y persistente de explotación, represión y racismo, que a su vez genera condiciones de desempleo, bajos ingresos, empleo inestable, condiciones de trabajo insalubres (generalmente con poca o ninguna protección) viviendas precarias, abusos policiales y de otras instituciones, altos niveles de movilidad residencial y estrés. Estas condiciones están acompañadas por la falta de conciencia del poder, las expectativas de un tratamiento indiferente y condescendiente por parte de las instituciones educativas, sanitarias, de bienestar social y otras instituciones públicas y la experiencia de desprecio racista de su cultura y lenguajes. Las comunidades latinas no son comunidades transicionales. Los puertorriqueños han estado en Nueva York desde la mitad del último siglo, y desde que comenzó la migración masiva, varias generaciones han crecido fuera de Puerto Rico. Aun así, la comunidad persiste como una continuidad histórica, personas oprimidas, bilingües y con diferencias culturales. Sin un sincero reconocimiento de esta realidad, las teorías sanitarias de Puerto Rico y los programas para mejorar la salud resultarán ilusorias.

Hacia el concepto de ambiente

El Centro para el Control de Enfermedades hace una diferencia importante entre los factores del "ambiente" y los factores del "estilo de vida". Probablemente, el ambiente afecta a todas las regiones u ocupaciones de manera uniforme y está más allá del control de la persona, mientras que el estilo de vida es elegido en un acto de voluntad y puede ser alterado por una elección consciente. Pensamos que esto es una dicotomía perjudicial, que no está para nada de acuerdo con el punto de vista ecológico de ambiente. Los ecologistas consideran al organismo interactuando con el ambiente. El organismo selecciona activamente su ambiente, lo modifica, responde al mismo e incluso lo define. El ambiente no es un "ahí afuera" pasivo, algo dado para todos los que están alrededor. Por ejemplo,

las noticias en el mercado de valores son parte del ambiente de los financistas, pero no del ambiente de los desempleados o los no inversores. El "estrés" es cada vez más reconocido como parte del grupo de los factores de riesgo, pero lo que lo provoca depende de cada uno. Además, el ambiente no es un hecho más allá del alcance de la gente. A pesar de que solo un individuo no puede mejorar la contaminación del aire en Boston, el ambiente no está más allá del alcance de la acción social colectiva.

Por otro lado, las actividades de los individuos, las denominadas elecciones del estilo de vida, no son elecciones libres. Es real que en el sentido inmediato las personas deciden qué van a comer, pero el costo de la comida y el tiempo disponible para almorzar, así como el acceso a las máquinas expendedoras y cafeterías, determinan las elecciones que hacen. En un nivel más bajo, las elecciones de las personas están influenciadas por sus experiencias y creencias, por ejemplo en qué medida pueden controlar sus vidas. Aquellos cuya situación es tal que la historia les pasa por encima y nunca han tenido la posibilidad de hacerla, aquellos cuya economía precaria limita la planificación semanal, les resulta más difícil actuar sobre los factores de riesgo que operan en una escala anual. Por lo tanto, tiene sentido observar las circunstancias ambientales particulares como determinantes de las probabilidades de varias elecciones, que luego se vuelven parte del ambiente de las personas. Cualquier análisis del estilo de vida debe tener en cuenta los grados de libertad disponibles y las restricciones que actúan en la toma de decisiones. Para los miembros que dependen de un hogar, las elecciones de aquellos que los tienen a cargo constituyen su ambiente.

La dicotomía entre ambiente y estilo de vida tienen otras dos consecuencias: una es que separa en dos categorías diferentes los mismos factores físicos, como el humo del cigarrillo y otros factores que afectan los pulmones, los cuales ponen obstáculos en el camino de una teoría de la salud de la comunidad coherente. La otra es que

abre el camino de decisiones políticas culpando a las víctimas al exagerar la libertad en las elecciones.

En nuestra opinión la relación entre elección y restricción fue bien resumida en la expresión de *El padrino*: "una propuesta que no podrás rechazar". Las restricciones en las vidas de las personas oprimidas presentan los límites de las elecciones disponibles, dentro de estas limitaciones a menudo se toman condicionalmente decisiones racionales. Por ejemplo, la decisión de fumar de un hombre aumenta su riesgo de enfermedades cardíacas y a la larga de cáncer, pero es una de las pocas maneras que tiene para hacer frente al estrés, lo que puede salvar la vida de su esposa y sus hijos. Nuestra suposición de racionalidad condicional significa que no podemos esperar para cambiar el comportamiento solo a través de la educación: más bien debemos alterar esas circunstancias que hacen que estas opciones dañinas parezcan óptimas.

Separar lo que está alrededor del organismo de lo que el organismo hace es también perjudicial para el estudio de la salud ocupacional, la cual está demasiado limitada a identificar químicos en el mercado. Ya que trabajar no implica solo un lugar, sino también una actividad, el ritmo de trabajo, el grado de concentración requerido, la adecuación de las instalaciones sanitarias, la duración del horario de almuerzo, la demanda de músculos en particular, el tipo de supervisión, la monotonía, el ruido, la libertad para cambiar de posición y la temperatura. Todo es parte del ambiente ocupacional. Necesitamos información detallada sobre cómo estos factores interactúan en aquellas ocupaciones donde se concentra la población latina. Mientras tanto, una buena regla de oro es que cuanto más se desvíen las condiciones de trabajo (ritmo, temperatura, patrón de esfuerzo, etc.) del patrón de actividad humana durante nuestra evolución previa, es más probable que nuestra salud se vea afectada.

El ambiente tiene su propio curso: algo que le sucede al organismo, lo altera de alguna manera; el estado alterado puede ser permanente o borrado gradualmente una vez que se cesa el estímulo. Por

ejemplo, un estado nutricional con respecto a la vitamina B depende del consumo de alimento durante los últimos días, mientras que la reserva de calorías cambia de semanas a meses, y el sistema inmunológico reacciona a o se recupera del estrés en una escala semanal.

Proponemos, por lo tanto, que en los estudios epidemiológicos de las personas móviles (todas las personas son móviles con respecto al proceso lento de carcinogénesis), puede ser utilizado un modelo del siguiente tipo: si $S(t)$ es alguna medida, tanto de riesgo como de resistencia, del estado fisiológico de un organismo en un tiempo t. Para cada período de tiempo un estímulo externo (estrés, nutrientes) ingresa al sistema, mientras que una fracción de la S previa se agota: $(dS)/(dt)=A(t) - mS(t)$, donde $A(t)$ es el estímulo, $S(t)$ el estado existente, y m alguna tasa del borrado del pasado. Entonces, si tenemos información ocupacional y residencial completa sobre las personas, podemos usar el procedimiento estadístico apropiado para estimar las correspondientes A para diferentes exposiciones al factor de estudio y su tasa de borrado m. Las modificaciones posteriores del modelo pueden reconocer que, dado que la tasa de borrado m es diferente para diferentes personas, puede ser cambiado por la experiencia y es un parámetro descriptivo importante; modificarlo puede ser un objetivo de terapia.

El ambiente es, por supuesto, multifactorial, pero muchos estudios se ven obligados por razones jurídicas a buscar las contribuciones separadas de diferentes factores. Se requiere un enfoque de red causal para relacionar aquellos componentes diferentes pertenecientes a diferentes disciplinas y cayendo bajo diferentes jurisdicciones.

La inseparabilidad de lo psicosocial y de lo fisiológico

Para varias generaciones la categoría de "psicosomático" ha sido reconocida como un intento de acortar la brecha entre la medicina física de todos los días y la psiquiatría. Sin embargo, con demasiada

frecuencia se ha utilizado como un término despectivo, una forma de traer un problema que pertenece a la disciplina opuesta.

Más recientemente, a la interacción de la medicina física y la psiquiatría se le asignó un contenido más preciso. Se reconoce que la experiencia y la conciencia social de una persona pueden actuar sobre el sistema nervioso autónomo, el sistema inmunológico y por lo tanto en la salud.

Una línea de trabajo focalizó en el estrés: los traumas emocionales y físicos pueden llevar a la supresión de la respuesta inmune a una escala semanal, a incrementar la vulnerabilidad al cáncer o enfermedades cardíacas por un período largo y a un concepto de "riesgo" generalizado de daño en la salud en general. Una segunda línea relacionó los tipos de personalidad con el riesgo, la expresión más popular de estos es el reconocimiento del comportamiento Tipo A y el Tipo B en relación a enfermedades cardíacas. Este enfoque individualista generalmente toma a la personalidad como algo dado sin observar su génesis. Otro enfoque reconoce los eventos sociales como traumáticos, por ejemplo la tasa de desempleo relacionada con el suicidio bajo la forma de depresión.

Aplicar estos estudios a las comunidades latinas requiere varios cambios. Primero, la escala de estrés de la comunidad (perdida de un cónyuge =100, divorcio =75, etc.) debe ser calibrada para las diferentes comunidades latinas y extendida para incorporar experiencias comunes en estas comunidades. La escala presente incluye eventos como movimiento, pero no migración; desalojo, o pérdida del empleo, pero no desempleo crónico; muerte de un amigo, pero no la preocupación por otro tiroteo en el barrio. No hay ítems para el embarazo adolescente en el hogar, o las barreras lingüísticas, los insultos racistas o la hostilidad de la sociedad a las personas. Una vez identificadas, estas experiencias deben ser calibradas y cuantificadas.

Como Karasek y otros mostraron, el estrés aisladamente no es un determinante de riesgo suficiente.[2] Una persona que experimenta mucho estrés pero tiene un alto grado de autonomía, de control sobre su actividad minuto a minuto, va a sufrir menos que alguien con pocos niveles de libertad. Las condiciones laborales y de vida de las comunidades latinas tienden a privar a sus miembros de muchos grados de libertad que pueden constituir el sistema homeostático para enfrentar el estrés. Las opciones de tomar una pequeña pausa, una licencia por enfermedad, descansar por uno o más días, ir al cine o a restaurante o ir al gimnasio no están generalmente disponibles para las personas de estas comunidades. El rango de elecciones disponibles, en una escala de minutos, horas y días es importante para determinar las vías por las que un evento estresante atraviesa el sistema y afecta la salud de una persona estresada y de sus allegados. ¿El estrés provocará un aumento de la presión arterial, un aumento de glucemia, tabaquismo o un arranque de ira. El punto es que, tanto en fisiología como en ecología, todo va a algún lado. Donde vaya dependerá del estado fisiológico previo de la persona en términos de sus experiencias que legitiman o prohíben una vía en particular.

Si el estrés fuera un evento esencialmente individual, debería afectar a diferentes personas en diferentes momentos, permitiendo que los que no estén estresados cuiden a los estresados. Pero el estrés económico o social impacta en toda la comunidad. Algunas personas están directamente afectadas, y otras, por la percepción de una amenaza a su bienestar. Esto puede tener consecuencias opuestas. Si cada persona responde aisladamente, el estrés puede multiplicarse y reforzarse mutuamente. Una persona deprimida puede reunirse con otra para beber mientras maneja y esto aumenta el

---

[2]Karasek, R. D., Baker, F., Marxer, A. Ahlbom y T. Theorell: "Job decision latitude, job demand, and cardiovascular disease", Paper presented at annual meeting of the American Public Health Association, november, 1979.

riesgo de accidentes. Por otro lado, si el estrés es compartido como un problema comunitario, el esfuerzo colectivo para resolverlo puede tener éxito en superar el problema o en crear una atmósfera de apoyo que amortigüe algunas de las consecuencias. Una teoría del estrés debe incluir el estrés comunitario en relación a la estructura de la comunidad.

El marco conceptual del riesgo y la enfermedad requiere separar variables independientes (factores de riesgo) de variables dependientes (como la frecuencia de enfermedades). Pero la distinción entre el factor de riesgo y sus consecuencias no son siempre claras. Por ejemplo, el pico de una enfermedad debe ser una experiencia muy estresante por la ansiedad que genera, pérdida del trabajo, una experiencia hospitalaria desagradable u otras razones. Entonces, hay una relación recíproca de retroalimentación positiva.

Si este es el caso, y si la retroalimentación positiva es lo suficientemente fuerte, luego el sistema es dinámicamente inestable. Si una persona tiene buena salud por un tiempo, luego se enferma, este último hecho puede actuar como un nuevo estrés que favorezca la producción de una nueva enfermedad. Por lo general, los registros clínicos muestran una enfermedad tras otra de etiología aparentemente no relacionada. Por otro lado, si la retroalimentación positiva es menos fuerte, cada experiencia de enfermedad puede ser eventualmente un episodio independiente. En algunos casos, las enfermedades menores en realidad reducen el riesgo, donde un día de cama sirve como parte del mecanismo homeostático que paradójicamente preserva la salud. Entonces, el diagrama mostraría retroalimentación negativa.

La retroalimentación entre el riesgo y la enfermedad es una parte importante del patrón de salud de la persona. Este es diferente entre las personas por varias razones y puede ser parte de la caracterización epidemiológica de una comunidad.

La inseparabilidad de la salud ocupacional y de la comunidad

En la actualidad la salud ocupacional y de la comunidad están separadas administrativamente, cubiertas por una legislación diferente y generalmente practicadas por diferentes personas cuyas circunscripciones se superponen escasamente. Lo más perjudicial es que están separadas conceptualmente. Desde el punto de vista de la medicina de la comunidad, el lugar de trabajo es una fuente extraña de ruido estadístico, mientras que desde la perspectiva de la salud ocupacional, las condiciones del hogar son variables confusas.

A pesar de esto, la vida de las personas es una totalidad. Los pulmones están sometidos al polvo de metal en el taller y a los hidrocarburos en la casa; el conductor del autobús cuya espalda rebota, se golpea y se sacude en el trabajo puede reprimir la ira en casa apretando los músculos de su espalda; el estrés ocasionado por un niño enfermo puede aumentar las chances de que un trabajador textil que maneja una máquina de coser industrial clave una aguja en su dedo.

La salud ocupacional y de la comunidad interactúan de varias maneras. El mismo perjuicio al cuerpo puede tener lugar en el trabajo y en la casa (el plomo en las tuberías de agua y en el humo de la gasolina en el colectivo o camiones, los altos niveles de ruido en ambos lugares). O el mismo órgano puede ser atacado por diferentes vías en el hogar o en el trabajo (tanto el humo del cigarrillo en la casa como la comida chatarra en el trabajo puede provocar problemas cardiovasculares). El estrés en un lugar puede incrementar la vulnerabilidad a eventos peligrosos en el otro. El estrés emocional en el hogar puede reducir la respuesta inmunológica a las infecciones en el trabajo.

Una persona puede hacer frente al estrés laboral por mecanismos destructivos como fumar, o puede pasárselos a su cónyuge o hijos a través del abuso físico; el agotamiento en el trabajo puede

traducirse en menor cuidado de los niños en la casa o más accidentes, o menor energía para cocinar o más dependencia de los alimentos preparados. El estrés en el hogar puede revelarse en accidentes en el trabajo.

Las enfermedades que se desarrollan o son descubiertas en un lugar pueden ser mejoradas en el otro; los problemas de circulación en las piernas por la diabetes pueden llevar a la recomendación de que no se le den al paciente trabajos que requieran estar parados todo el día; o el agotamiento en el trabajo puede llevar a la recomendación de mayor descanso en casa. Pero las especificidades del trabajo o las relaciones en la familia pueden impedir que el paciente ponga en práctica estas recomendaciones.

Desde la perspectiva de la asignación de responsabilidades, las evidencias de un problema en el hogar son utilizadas para exonerar las condiciones de trabajo y viceversa. Lo que se necesita es una manera de trazar una vía causal hacia y desde el trabajo a la casa, para observar en qué medida influyen sobre el daño en los pulmones o en el corazón, más que juzgar cada componente como un set separado de niveles tolerables, focalizar en la interacción entre los componentes que afectan a la salud y buscar modos de intervención en el sistema completo.

La unidad epidemiológica no es el individuo

A pesar de que la mayoría de los estudios toman la condición del individuo como el punto de partida básico y luego derivan frecuencias a partir de ellos, en realidad, las personas reales viven en grupos, generalmente grupos familiares con algunos agregados o sustracciones. Y lo que le pasa a un miembro de la familia afecta a los otros. Con las enfermedades infecciosas, esto es más que obvio. Pero las enfermedades crónicas afectan a los otros miembros de la casa a través de la pérdida de ingresos, estrés emocional y un patrón desorganizado del cuidado de los chicos. Las condiciones laborales

de los padres (salario, estrés en el trabajo, tiempo de viaje hacia y desde el trabajo, desempleo) pueden determinar el estado nutricional de todos los miembros de la casa. Los factores que llevan al alcoholismo en una familia pueden resultar en lesiones de tránsito en los miembros de otra familia. Cuando una vía causal se entrecruza de una persona a otra, un modelo individualista puede considerar externos a la mayoría de los eventos más importantes, mientras que realmente son parte de la misma red. Esta es la realidad latina.

El cuidado de la salud y su utilización

Los profesionales de la salud tienden a considerar la provisión del servicio médico como casi equivalente a un programa de salud pública. Sin embargo, en muchos casos la contribución más importante a la salud de una comunidad puede ser un movimiento de inquilinos o un programa laboral. A pesar de que el servicio médico no es todo, es obviamente importante. En la actualidad, los servicios de emergencia parecen estar ampliamente disponibles para los puertorriqueños urbanos y ser utilizados generosamente, pero otro tipo de cuidados igualmente accesibles son menos utilizados. Desde nuestro punto de vista, primero es importante entender el patrón de utilización del servicio de salud para obtener información precisa de la morbilidad y segundo planificar para mejorar el servicio.

Un punto de partida útil es un modelo en el cual la probabilidad de alguien de conseguir un servicio médico depende de su disponibilidad y de la relación entre la desesperación y el desgano. La desesperación viene de la percepción de una amenaza a la vida o la salud y, por lo tanto, depende mucho de las creencias de la persona sobre lo que es la enfermedad y que constituye una parte aceptable de la vida. Por ejemplo, ¿es la fatiga crónica una parte de la vida, es una señal de debilidad preocuparse por ella, o es una enfermedad legítima? La respuesta va a influir en la etapa en la cual

serán diagnosticadas la diabetes y otras condiciones por primera vez. El registro de un área clínica de Boston muestra una relación de sexos sesgada fuertemente, con más presencia de mujeres que de hombres. Esto es más marcado para dolencias menores; a medida que la seriedad de la condición aumenta, la relación de sexos se vuelve mayor. El sesgo en la relación está ausente en los niños, aparece repentinamente en los adolescentes cuando los pacientes tienen autonomía para decidir si buscan cuidados, y disminuye progresivamente después del retiro o desempleo.

La renuencia a la búsqueda de cuidados médicos es fuertemente relacionada con la pérdida de tiempo y salario. Además, van a influenciar en la decisión la expectativa del resultado de la visita y la disponibilidad de alternativas curativas o los recursos de apoyo. Cualquier estrategia para mejorar el cuidado de la salud debe considerar tanto las creencias de las personas sobre las enfermedades y las sanciones económicas y emocionales reales asociadas con el uso de las posibilidades clínicas.

Conclusiones

Un enfoque ecológico integral de la salud de la comunidad latina debe combinar la comprensión sociológica y médica de las experiencias específicas de los puertorriqueños como emigrantes de una colonia, de las condiciones generales que afectan a las personas oprimidas y de la naturaleza de la conexión entre los eventos externos y la fisiología humana que es relevante para toda la gente.

La investigación es necesaria para identificar las realidades latinas, para trazar las vías de interacción entre el lugar de trabajo, el ambiente de la comunidad, las condiciones del hogar, los patrones nutricionales, las formas en que el estrés afecta a los sistemas, los grados de libertad que tienen las personas para enfrentar el estrés, individual y colectivamente, y las creencias que promueven o impiden ese enfrentamiento.

Capítulo XIII

¿Qué es la naturaleza humana?

No hay una pregunta más irritante y confusa en la teoría biológica y social que la cuestión de la "naturaleza humana". ¿Qué queremos decir con "naturaleza humana"? ¿Existe? Si existe, ¿en qué consiste? Los debates alrededor de la relación de la especie humana con otros animales han tenido diferentes significados en diferentes momentos. En el siglo XIX el debate era entre el idealismo y el materialismo. El idealismo, representado principalmente por la teología, hace una diferencia absoluta entre nosotros y los otros animales. El materialismo enfatiza nuestras relaciones con el resto del reino animal. Y desde el darwinismo, la evolución gradual fue una característica crítica tanto para entenderlo como para demostrarlo, subrayando la continuidad del hombre y la evolución a partir de los primates.

Marx insistía en que la historia humana era parte de la historia natural. Con esto quería decir que la especie humana surgió de su interacción con la naturaleza; que, como otros animales, las personas tienen que comer y reproducirse; y que la naturaleza humana puede ser entendida no como el desarrollo de grandes ideas o avances éticos, sino como las maneras en las que las personas actúan para sobrevivir y las relaciones sociales a través de las cuales la producción y reproducción es llevada a cabo. Engels desarrolló el tema

más adelante en su ensayo "El rol del trabajo en la transición del mono al hombre". A pesar o a causa de su prejuicio lamarckiano, Engels capturó la característica esencial de la evolución humana: la retroalimentación muy fuerte entre lo que las personas hacen y cómo cambian. Consideró al "ambiente" no como una fuerza selectiva externa pasiva a los organismos sino como el producto de la actividad humana, siendo la característica especial de nicho del ser humano, el trabajo productivo y la cooperación, que canalizaron la evolución de la mano y el cerebro.

Para los marxistas la evolución de los humanos a partir de los pre-humanos y la inclusión de la historia humana en la historia natural, presupone tanto la continuidad como la discontinuidad, cambios cualitativos, a pesar de que para la mayoría de los materialistas la evolución significa simplemente continuidad. En nuestra época, a pesar del reciente resurgimiento del creacionismo conservador, la visión materialista ha prevalecido. Ahora, ha surgido una nueva oposición en la cual los lados opuestos son reduccionismo y dialéctica. La visión reduccionista hace a la continuidad evolutiva entre el humano y el pre-humano absoluta, mientras que los dialécticos enfatizan la emergencia de la novedad evolutiva. Los reduccionistas, como deterministas biológicos, ven las cuestiones humanas como resultado directo de patrones que evolucionaron en el pasado, los cuales crearon una naturaleza humana fija que determina nuestro comportamiento y organización social, en la medida en que nos alejamos de lo "natural", para nuestro propio riesgo.

Las discusiones sobre la naturaleza humana casi invariablemente surgen de un contexto político, a pesar de que el problema a veces se enmascara como una cuestión puramente objetiva sobre la evolución humana. Ni los políticos teóricos, ni tampoco el completamente historicista Marx, fueron capaces de prescindir del problema de la naturaleza humana, por el contrario, todos lo encontraron fundamental para la construcción de su visión del mundo. Después de todo, si queremos dar una descripción normativa de

sociedad, ¿cómo podemos decir cómo *debe* organizarse la sociedad si no podemos afirmar que sabemos cómo son realmente los seres humanos?

Los ideólogos de las políticas conservadoras no tienen dificultad con el problema de la naturaleza humana. Para ellos (o para casi todos ellos) los seres humanos tienen propiedades psíquicas comunes que son determinantes no triviales de la forma de la sociedad humana. Estos atributos varían cuantitativamente de una persona a otra, esto determina su lugar en la sociedad. Estas propiedades existen como consecuencia de la naturaleza biológica individual, esto es, están codificadas en los genes. Desde que lo individual es previo ontológicamente a la organización social, la naturaleza humana está determinada genéticamente y da forma a la sociedad. Wilson hizo una exposición explícita de esta teoría.[1] La teoría determinista biológica de la naturaleza humana es lógicamente consistente. El ataque a la teoría conservadora de la naturaleza humana no consistió en afirmar que no podía ser verdadera, sino que no es verdadera.

El desacuerdo más superficial con la teoría conservadora proviene tanto de los liberales como de la izquierda anarquista. Esta posición sostiene que, en efecto, hay una naturaleza humana determinada biológicamente y que puede ser escrita una prescripción para la sociedad utilizando el conocimiento de esa naturaleza innata, pero que los conservadores simplemente toman los detalles equivocados. Mientras que los apologistas de un capitalismo competitivo sin restricciones reclaman agresividad, actividad empresarial, dominación del hombre, territorialidad y xenofobia como el contenido de la naturaleza humana, la izquierda anarquista da una descripción opuesta, argumentando como lo hizo Kropotkin en *La ayuda mutua*, que las personas son realmente cooperativas y altruistas en el fondo, pero que son coaccionadas a competir en un mundo artificial. Estos críticos acuerdan con los conservadores que

---

[1] Wilson, *Sobre la naturaleza...*, op. cit.

un conjunto básico de atributos es natural en el ser humano como una entidad aislada, pero que estos atributos pueden ser suprimidos por la sociedad, tanto los cooperativos como los competitivos, tanto como se desee.

Una versión más sutil del problema de la naturaleza humana emana del marxismo clásico. De acuerdo a lo poco que puede encontrarse en Marx sobre este tema, esta teoría sostiene que el trabajo es la propiedad que distingue a la especie humana de todas las otras, a pesar de que no es suficiente con especificar la forma de las relaciones sociales. El trabajo humano está marcado por estas características: transforma el mundo natural en un mundo de artefactos útiles a los seres humanos; su transformación es llevada a cabo socialmente más que individualmente y es realizada por los productores concibiendo en primer lugar mentalmente el resultado final que debe lograrse y los variados medios de su logro. Por lo tanto, la acción es teleológica: "El trabajo es el uso de herramientas e implementos utilizados cooperativamente por los seres humanos para efectuar cambios en los objetos externos y obtener resultados que han establecido de manera consciente y previa".[2] Es la dominación planificada de la naturaleza a través de la acción social. Por supuesto que la transformación de la naturaleza y la creación de artefactos son características de muchos animales. Los pájaros construyen nidos, y algunos incluso utilizan ramas para pescar insectos de un agujero. Aún más, las hormigas y las termitas se organizan cooperativamente para transformar la naturaleza. Lo que parece ser único de los humanos es la planificación consciente, la imaginación de los resultados antes de que existan por una acción teleológica deliberada. Es este último elemento lo que distingue el trabajo humano de las actividades de un simple animal, a pesar de alguna sugerencia de Jane Goodall a partir de la observación de

---

[2]Cornforth, M.: *Dialectical materialism*, vol 3, Lawrence and Wishart, London, 1963.

que los chimpancés eligen deliberadamente la rama de la medida apropiada para sacar hormigas de su nido, que los primates pueden planificar en un sentido limitado.

A pesar de su origen en una filosofía historicista, la visión marxista clásica hace una exposición universal curiosa sobre la dominación de la naturaleza. Mientras que sin dudas es verdadero que la biología humana nos impulsa a comer y beber a intervalos razonables y proveernos de las bases materiales para satisfacer esas necesidades a través de la planificación y generalización, el grado al cual los seres humanos han intentado dominar y transformar la naturaleza, en oposición a tomarla como está, ha variado extremadamente. Los bosquimanos de Kalahari hacen muy poco para alterar el ambiente en el cual viven, a pesar de ser planificadores prudentes con respecto a su consumo. No es para nada seguro que la transformación desde la caza y la recolección a la agricultura sedentaria, y de ésta a la producción industrial, esté codificada en los genes. Para Marx, que estaba atrapado en la furia del cambio industrial, y participando de la creencia del siglo XIX de la inevitabilidad del progreso, la dominación de la naturaleza parecía parte de nuestra constitución innata. Además, la "constitución innata" es un concepto demasiado poco marxista.

Una segunda dificultad con la visión marxista ortodoxa es que aunque esta fuera cierta, no es muy informativa. No puede ser utilizada para proyectar ninguna característica real de la organización social humana, ni decir como esa organización puede o no cambiar. Es decir, parece confrontar la cuestión de la naturaleza humana y prometer decirnos qué es la naturaleza humana, solo para proporcionar una imagen de ella que es políticamente irrelevante. Una característica general del problema de la naturaleza humana es que solo descripciones muy específicas tienen fuerza política, a pesar de su especificidad lleva rápidamente a la falsificación de los registros

históricos y etnográficos. Las teorías ingenuas dicen demasiado y las sofisticadas muy poco.

Una alternativa radical ha sido negar la existencia de la naturaleza humana en su conjunto, por lo menos en un sentido no trivial. Los seres humanos son simplemente lo que hacen de sí mismos. Son, según la *ocurrencia* de Simone de Beauvoir, "seres cuyo ser es no ser". De la mano del existencialismo, esta negación de una naturaleza nos deja sin manera de entender la sociedad humana; es simplemente lo que es. Aun incluso Beauvoir no fue capaz de sostener esta visión consistentemente. Al final de *El Segundo Sexo* escribió:

"Por el contrario, cuando sea abolida la esclavitud de una mitad de la humanidad y todo el sistema de hipocresía que implica, la 'sección' de la humanidad revelará su auténtico significado y la pareja humana encontrará su verdadera figura.
'La relación inmediata, natural y necesaria del hombre con el hombre es la *relación del hombre con la mujer*', dijo Marx. 'Del carácter de esa relación puede concluirse hasta qué punto el hombre se ha comprendido a sí mismo como *ser genérico*, como hombre; la relación del hombre con la mujer es la relación más natural del ser humano con el ser humano. Aquí se hace evidente, por tanto, hasta qué punto el comportamiento *natural* del hombre se ha convertido en *humano*, o hasta qué punto su *naturaleza humana* se ha convertido en su *naturaleza*'."[3]

Entonces, el "ser sin un ser" tiene un verdadero ser después de todo, como debe ser para Beauvoir, que quiere una concepción de la naturaleza humana para que haga el trabajo político por ella.

Todas las preguntas teóricas significativas son al mismo tiempo preguntas prácticas. Su significancia puede ser una innovación

---

[3]De Beauvoir, Simone: *El segundo sexo*, Ediciones Siglo XX, Bs. As., 1987, tomo II, p. 517. La cita de Marx está en *Manuscritos. Economía y filosofía*, Alianza Editorial, Madrid, 1984, p. 142. La traducción de Alianza no coincide con la que se ofrece en la edición de *El segundo sexo*. Por razones

tecnológica, una aplicación terapéutica o una guía para la política. Pero su sentido práctico puede ser menos obvio. Puede contribuir a la comprensión de nuestra identidad individual o colectiva, nuestra noción de lo que debe o puede ser cambiado, nuestra capacidad o necesidad de actuar en el mundo, nuestras percepciones estéticas o nuestras respuestas emocionales. O puede prácticamente ser confinada dentro de una ciencia y puede orientarnos a cómo plantear otras preguntas, planificar la investigación o decidir cuándo tenemos una respuesta.

Al contrario de la noción positivista de que una pregunta es legítima si está lógicamente bien definida, es comprobable y capaz de ser respondida en sus propios términos sin considerar su aplicación, argumentamos que una pregunta es significativa si lo que hacemos o sentimos es cambiado por la respuesta. Además, a menudo es sólo conociendo lo que en la práctica nos preocupa que podemos enmarcar la cuestión de una manera significativa. Por ejemplo, podemos preguntar ¿qué es la vida? Nuestra respuesta va a ser muy diferentes si queremos ser capaces de distinguir organismos de rocas y muebles, o si nos referimos a ¿cuándo una persona está clínicamente muerta? (para justificar la interrupción de los esfuerzos para resucitar o remover los órganos para trasplantes). O si estamos respondiendo a una pregunta del movimiento por el derecho a la vida: ¿cuándo comienza la vida? La relación entre la química inorgánica y orgánica fue importante para la cuestión evolutiva ¿puede surgir la vida a partir de procesos químicos sin la infusión de un principio vital?

Generalmente, cuando se plantea una gran pregunta de este tipo, desafía respuestas claras. Deben ser hechas nuevas distinciones y la pregunta se separa en subpreguntas. Como cuando nuestros

---

de comodidad para el lector, dejamos esta última aunque advertimos sobre la diferencia (N. del E.).

niños acostumbran a preguntar cuando se enfrentan a un nuevo animal en el zoológico o en un libro: ¿qué le hace a los niños?

El problema con la pregunta sobre la naturaleza humana es que es una pregunta incorrecta. En parte refleja el tipo de análisis que elegimos para la comprensión de la vida política y social humana y, en parte, porta un vestigio del idealismo platónico. El hecho evidente acerca de la vida humana es la increíble diversidad de historias de vida individuales y de organizaciones sociales a lo largo del tiempo y el espacio. El intento de entender esta diversidad buscando una uniformidad ideal subyacente, llamada "naturaleza humana", en la cual la variación manifiesta es solo una sombra, es una reminiscencia del idealismo pre-darwinista del pensamiento biológico. Para los predecesores de Darwin la variación evidente entre los organismos dentro de una especie era algo a ser ignorado, a ser visto a través de, a fin de descubrir la forma ideal subyacente que las especies representan. Entonces, la teoría de la naturaleza humana pregunta qué ideales subyacentes de organización están acechando detrás de la aparente desconcertante variedad de sociedades. Para los deterministas biológicos como E. O. Wilson, la uniformidad se da a través de los propios organismos, constantes biológicas dictaminadas por los genes que determinan la forma eventual de las instituciones sociales. Para los teóricos sociales como Levi-Strauss, todas las sociedades tienen ciertas estructuras subyacentes en común, las cuales son transformadas por la práctica real. Estas estructuras no derivan de los genes sino de algún otro lugar que no se especifica, pero que es presumiblemente una consecuencia de la organización social en sí misma. Todas estas teorías, primero postulan ideales subyacentes que son comunes a todos los tiempos y espacios y, segundo, localizan fuerzas causales *tanto* en el individuo *como* en la sociedad. Luchan en torno a las dicotomías individuo-sociedad y biológico-ambiental.

Sin embargo, un punto de vista dialéctico rechaza el terreno en el que esta lucha se lleva a cabo. Primero, acepta como base la

heterogeneidad de historias de vida individuales así como de desarrollos sociales. Lejos de ver la variación como un obstáculo o incluso intentar iluminar el ideal uniforme subyacente, este enfoque asume que la contradicción, dentro y entre las sociedades, es la fuerza motora de la historia humana. De esta manera, la heterogeneidad en sí misma se convierte en el propio objeto de estudio. Segundo, un análisis dialéctico no atribuye propiedades intrínsecas ni a los individuos ni a las sociedades, pero subraya la compenetración de las propiedades individuales, sociales y de las fuerzas.

Un ejemplo del error del análisis ideal cartesiano es la afirmación de que la alternativa a creer en una naturaleza humana biológica innata, es creer que somos todos una **tabula rasa** en la cual la sociedad escribe un mensaje.[4] Sin embargo, allí hay un error lógico deslumbrante. La evidencia ofrecida por los deterministas biológicos de que no somos páginas en blanco al nacer, es la variación evidente en el temperamento y la actividad de los recién nacidos, incluso dentro de la misma familia. Pero esta evidente *variación* es tomada como una demostración de la naturaleza humana *uniforme* innata. Claramente no somos *tabulas rasa*, pero este hecho no tiene nada que decir acerca de la naturaleza humana. El error surge de la filosofía de que debe haber una uniformidad subyacente y que debe ser o innata o impuesta desde afuera. Como la variación entre los bebés es innata, entonces las similitudes postuladas también lo son.

Las necesidades fisiológicas de los seres humanos, así como sus vulnerabilidades o formas de enfrentar el ambiente, son muy similares a los otros mamíferos. Necesitamos comida (mucho más que los reptiles, porque necesitamos mantener la temperatura entre límites estrechos, pero, gramo a gramo, mucho menos que un ratón, porque somos mamíferos grandes). Necesitamos nutrientes específicos, algunos de los cuales son necesarios para otros animales, y

[4]Midgely, M.: *Beast and man: the roots of human nature*, Cornell University Press, Ithaca, 1978.

algunos de los cuales, como la vitamina C, son especiales porque nuestro cuerpo perdió la capacidad de producirlos. Requerimos un ambiente en el cual podamos mantener nuestra temperatura ambiente, somos vulnerables a materiales tóxicos y susceptibles a invasiones de parásitos. Sin embargo, como el puercoespín, estamos relativamente libres de predadores.

Respondemos al estrés de la misma manera que otros mamíferos: incrementando el flujo de adrenalina, aumentado la presión sanguínea y la frecuencia cardíaca. Y, como otros mamíferos, la secreción de glándulas y la actividad inconsciente del sistema nervioso autónomo regulan la respiración, la circulación de la sangre, la digestión y otras funciones.

Pero toda nuestra fisiología es transformada por nuestra existencia social. La respiración se ocupa de conseguir oxígeno para nuestros tejidos y de deshacerse del dióxido de carbono, pero nuestra manera de respirar depende en parte de cómo enfrentamos el estrés, una respiración rápida y poco profunda deja partes de los pulmones sin usar e incrementa la chance de infecciones respiratorias. Además, lo que respiramos es el resultado de la actividad industrial humana. A pesar de que la respiración es llevada a cabo sin intervención consciente, las personas pueden controlar su respiración y, en disciplinas como el yoga, pueden aprender a usar el patrón de respiración para influir en otros procesos.

Todos los mamíferos viven intensamente, a tasas metabólicas altas. Compartimos con otros mamíferos el mecanismo de regular la temperatura (temblando, transpirando, cambiando la distribución de la sangre entre la periferia del cuerpo o los órganos internos) pero también utilizamos ropas y abrigo y quemamos combustible para calentarnos o enfriarnos. El uso de estos mecanismos culturales para controlar nuestra temperatura fue posible para que nuestra especie sobreviva en casi todos los climas, pero también creo nuevas formas de vulnerabilidad. La temperatura de nuestro cuerpo depende ahora del precio de la ropa o el combustible, si

controlamos nuestros propios hornos o lo hace nuestro patrón, si trabajamos adentro o afuera, de nuestra libertad para evitar lugares con regímenes de temperatura estresantes (los trabajadores de los restaurantes generalmente van y vienen del salón refrigerado a las calurosas cocinas). Entonces nuestro régimen de temperaturas no es la consecuencia simple de las necesidades termales, sino mejor dicho, son un producto de las condiciones económicas y sociales.

Cerca de los dieciocho meses el humano camina erecto. La postura determina el patrón de apoyos mecánicos y esfuerzos que influyen en la distribución de dolores y molestias en diferentes partes del cuerpo. Pero la postura es muy variable. Los actores son conscientes de esto y utilizan sus posturas para identificar la clase social y el sentido de sí mismos en los personajes que interpretan. El estrés mecánico sobre el cuerpo humano no es simplemente el resultado pasivo de los cambios anatómicos que nos separan de nuestros parientes mamíferos más cercanos, sino de tomar la postura en un contexto social y psicológico.

Si las ideas de la naturaleza humana no tienen valor, deben ser capaces de hacer frente a las funciones biológicas básicas como la comida y el sexo. Cada ser humano come y toma, y todos son el producto de un acto sexual. En efecto, la adquisición de comida y de pareja es considerada por los deterministas biológicos la base de todos los comportamientos individuales y sociales, desde que la selección natural opera en la supervivencia y reproducción diferencial. Sin embargo, cuando miramos estas funciones biológicas, que compartimos con otros animales, vemos cómo todas las funciones fisiológicas se han desprendido, para el ser humano, de su significado animal. La alimentación está obviamente relacionada a la nutrición, pero en los humanos esta necesidad fisiológica está inscripta en una matriz compleja, dentro de la cual lo que se come, con quién se come, cada cuánto, quién prepara la comida, qué alimento es necesario para una sensación de bienestar, quién pasa hambre y

quién come en exceso, está separado de los requerimientos nutricionales o la disponibilidad de comida.

El ecólogo, considerando al *Homo sapiens* como una especie con características de especie, podría clasificarlo como omnívoro. Es sin dudas verdad que la dentición humana y el sistema digestivo hacen físicamente posible a las personas ingerir y digerir una enorme variedad de material de plantas y animales. También es cierto que *Homo sapiens,* considerada como una colección de individuos vivos, ha comido todo lo imaginable. A pesar de esto es una falsificación de las características importantes de la existencia humana decir que las personas son omnívoras. Más allá de las diferencias dietarias según la idiosincrasia individual, lo que la gente come varía con la localización geográfica, los cambios históricos, la posición de clase, el sexo, la edad y otros factores, cada uno en interacción única con otros. Una gran cantidad de campesinos africanos de la región saheliana, al sur del Sahara, son virtualmente monófagos, siendo forzados por un sistema agrícola de mercancías a comer poco más que mijo. Los campesinos mayas comían nada más que maíz y frijoles, como lo hacen sus descendientes actuales. Hay algún desacuerdo sobre cuánto de caza silvestre hubo en su dieta y si la carne era distribuida según la clase social. Las amas de casa de la clase trabajadora británica no comen lo mismo que sus esposos, y los *boias frias* brasileros (trabajadores que subsisten regularmente con menos de las 2.000 calorías diarias mínimas recomendadas por la Organización Mundial de la Salud) tienen una dieta más restringida que sus empleadores.

Un problema ecológico fundamental que confrontan todos los organismos es cómo enfrentar la incertidumbre de su provisión de alimento. La provisión puede cambiar con las estaciones, pero también con las condiciones climáticas y a menudo de forma errática por diversos motivos. Por ejemplo, la población de presas puede tener picos y caídas, los parásitos e infecciones pueden aniquilar las fuentes de comida o los animales nómades pueden encontrar

parches de abundancia y escasez. Los animales enfrentan esa incertidumbre y variabilidad de varias maneras. Algunos hibernan en el invierno o en la estación seca. Los animales de sangre fría tienen un metabolismo lento: su estado nutricional depende de qué comieron los últimos meses o semanas, entonces las fluctuaciones en la provisión de alimentos es un promedio en esa escala de tiempo y la incertidumbre del día a día se transforma en una seguridad de mes a mes.

Los mamíferos y las aves tienen un metabolismo más rápido. Comen, procesan y utilizan la comida dentro del día e incluso algunas horas, por lo tanto son más vulnerables a la variabilidad del ambiente. Una forma de confrontar la incertidumbre de la provisión de alimento es almacenar calorías bajo la forma de grasa corporal. Esta estrategia está presente, tal vez de manera universal, entre los mamíferos, pero está sujeta a limitaciones físicas, más allá de las cuales la energía consumida o la torpeza de llevar un peso extra supera las ventajas. La comida puede ser almacenada fuera del cuerpo, las ardillas almacenan nueces, las hormigas recolectan semillas y algunas almacenan miel en el abdomen de una casta especial, que es consumido en tiempos adversos. El almacenamiento externo tiene sus límites: el deterioro de la comida y la posibilidad de que buena parte sea blanco de microorganismos, insectos y roedores.

Las personas también pueden engordar y almacenar comida físicamente. Pero hemos desarrollado varios modos nuevos de adaptación, tal como preservar la comida de la descomposición a través del proceso de salado, ahumado, cocinado o refrigerado. Las batatas que no se almacenan bien, pueden convertirse en cerdos que pueden ser guardados hasta que se necesiten. Las personas también redistribuyen la comida de casa en casa o pueblo en pueblo, proporcionando alguna protección contra las incertidumbres locales o a una escala menor que la región de distribución. Esta redistribución genera una red de lazos y obligaciones sociales, por lo tanto, en cierto sentido la comida de hoy puede convertirse en la comida

del mañana, al almacenarla en la forma de obligaciones sociales que no se deterioran con la humedad.

Pero una vez que la comida puede ser representada simbólicamente como obligación o dinero, aparecen dos características nuevas: primero, la acumulación no tiene límites naturales impuestos por el peso del cuerpo o el problema físico del almacenamiento. Es posible para la meta de acumulación desconectarlo de su base nutricional y convertirse bajo algunas condiciones en una meta insaciable. Segundo, mientras que la redistribución no comercial es una protección contra la incertidumbre del ambiente, el comercio generó nuevas formas de incertidumbre. Las fluctuaciones en el precio de los cereales determina no solo qué se planta y cuánto, sino también cómo va a ser cuidado el cultivo, cuánto nitrógeno o pesticida será aplicado. Y como el mercado mundial se integra cada vez más en un único sistema, el flujo de la información de los precios hace que lo que suceda localmente dependa de lo que sucede en regiones remotas, donde ni las precipitaciones ni las condiciones del viento son las mismas. A pesar de que el clima en Canadá y Argentina no se influencian uno a otro, el trigo canadiense influye sobre el argentino: la integración del mercado a través del flujo de información internacional crea interacciones a una escala más allá de la ecológica.

Una vez que el producto del trabajo humano se transformó en una mercancía, producida para el intercambio, adquiere un nuevo conjunto de propiedades más allá de su estructura química o física, o su utilidad. Es posible producir sin considerar la necesidad humana, ya que los productos dirigidos anteriormente a funciones diferentes, ahora son intercambiables como inversiones.

A lo largo de la historia, lo que la gente come estuvo determinado por su lugar en su economía y la forma en que esa economía produce y distribuye el alimento. Lo que la gente *puede* comer está biológicamente determinado, lo que *come* es otra cuestión. Si lo que la gente come está histórica, social e individualmente determinado,

por qué comen está igualmente determinado. Biológicamente "comer" y "tomar" son los actos físicos de la nutrición. En realidad, comer y tomar tiene muchas relaciones variables independientes de las necesidades biológicas. Comer es una ocasión social que une los lazos familiares, provee una excusa para llevar adelante intercambios comerciales y ofrece una oportunidad para crear obligaciones sociales mutuas. Usualmente no invitamos a personas a cenar para nutrirlos, ni tampoco les pedimos que vengan a tomar una copa para mantener su balance iónico. Una cena de cien dólares el plato sostiene el cuerpo político y no el cuerpo físico. Lo que comenzó históricamente como un acto de mera nutrición termina siendo uno totalmente simbólico. El almuerzo frío llevado por los israelíes en su huída desde Egipto se transformó en un festín con simbolismo histórico y religioso, la Pascua Judía, la cual a través de un accidente histórico se transformó en la Última Cena, terminando finalmente como un acto de misterio religioso, participando de él cientos de millones de cristianos, con ninguna consecuencia nutritiva en absoluto. En la cultura humana no hay un único significado para comer y tomar, sino una transformación cualitativa de un simple acto físico en una inmensa colección de significados sociales e individuales.

La riqueza de significados de la comida es superada por la ambigüedad del sexo. Una ingenuidad sorprendente de la teoría sociobiológica es su total confusión de sexo, copulación, reproducción y matrimonio. Ninguna de éstas es un precondición necesaria de ninguna de las otras, ni siquiera la copulación y la reproducción, en una sociedad con inseminación artificial y fertilización in vitro en su repertorio. El matrimonio es un contrato social entablado por razones de propiedad o ideología religiosa. Dos personas pueden casarse porque se aman uno al otro y quieren comprometerse mutuamente, pero el hecho de que ese compromiso tome la forma de un contrato matrimonial es la consecuencia de un acuerdo social. El sexo es una forma de amor, odio, sumisión, dominación,

piedad religiosa, intercambio de mercancía, o una forma de establecer lazos familiares. Cuál de ellas, depende de la historia individual en relación a la clase social, el sexo, el género, las necesidades políticas y ocasionalmente el deseo de reproducirse. Mientras que ningún biólogo que se precie podría confundir nutrición con reproducción, tomar alimentos puede ser ciertamente una forma de actividad sexual (una escena famosa en la película *Tom Jones* hace un uso efectivo de esta ambigüedad). Una vez más, el significado transforma el acto físico. Un estudio del acto físico en sí mismo, su precondición biológica, su evolución, su similitud con el comportamiento de otros animales, o las regiones del cerebro que influyen, va a ser simplemente irrelevante para el fenómeno humano.

La diversidad de significados de acciones que parecen superficialmente ser actos biológicos (reflejados en la confusión lingüística de usar la misma palabra para cosas tan diferentes) también muestra que un análisis causal simple de estos actos es incorrecto. Las personas no comen porque sus genes les dicen que deben comer para sobrevivir, ya que la misma persona participará en un día de diferentes "comidas". Ni tampoco comen porque hay una ley general de organización social que dictamina que comer es una respuesta apropiada al deseo de relaciones sociales. Los afortunados autores de este libro no usa a menudo las comidas como una ocasión social, a pesar de que solía hacerlo, mientras que las personas que viven de la caridad pública nunca pueden hacerlo incluso cuando quieren. Ni lo individual, ni la sociedad tienen prioridad ontológica. Diferentes familias de esclavos de la misma plantación tienen diferente cantidad de hijos, con intervalos de nacimiento que varían de uno a trece años.[5] Pero el nacimiento de un niño esclavo es un evento completamente diferente desde el punto de vista de la familia esclava o de sus dueños. Hay de hecho dos eventos

[5]Gutman, H.: *The black family in slavery and freedom, 1750-1925*, Pantheon, New York, 1976.

reproductivos diferentes, uno de vida humana, otro de capital. Lo individual y social se compenetran, la historia de vida individual es la vía particular que toma la realización de las fuerzas, pero las vidas individuales pueden desarrollarse solo en el contexto del medio social. La ambigüedad del sujeto y objeto, de la causa y el efecto implícito por la compenetración de lo individual y lo social no puede ser resuelta a partir de un análisis cartesiano, que toma como su primera premisa la alienación de sujeto y el objeto.

Pero si una naturaleza humana universal no puede servir de medida de las sociedades, si no podemos ofrecer una prescripción de una sociedad "verdaderamente humana", ¿cuál puede ser el objetivo de nuestra práctica política? ¿Cuál es el principio básico a partir de cual obtener los programas y sobre las cuales basar las críticas?

Los materialistas no pueden buscar dentro de sí mismos por más principios universales o mejores metas. Nuestro punto de partida es la lucha real de las personas por una vida mejor, la lucha contra la pobreza y la opresión. El núcleo de nuestra visión de lo nuevo es la negación de nuestro más profundo sentimiento de sufrimiento en el orden existente. El más profundo sentimiento de sufrimiento depende de quién eres en la sociedad presente. Los desempleados pueden ver el pleno empleo como una meta ideal, el pobre sueña con la abundancia, un esclavo puede imaginar un mundo sin trabajo, mientras los que poseen trabajos alienantes, debilitados, sin sentido, pueden buscar la transformación del proceso de trabajo y demandar empleos significativos y creativos. El despreciado anhela la dignidad y la igualdad, el acosado la seguridad y el colonizado la independencia. Los que tienen los recursos para prosperar puede ver la libertad *de* restricción como una meta ideal; por el contrario, los que carecen de medios pueden buscar la "libertad *para*". El derecho de buscar un trabajo es reemplazado por el derecho de trabajar, el derecho de comprar, por el derecho a comer.

A veces las condiciones se deterioran y se vuelven inaceptables, o el oprimido puede querer unirse a las cosas que la sociedad alaba

como las más altas recompensas en la vida, pero les son negadas por los gobernantes. Las personas transforman sus metas elementales en metas políticas: de "Tengo hambre" a "Quiero comer", a "Queremos comida", a "¡Tenemos derecho a comer!". O de "Él abusó de mí" a "Él es un mal jefe", a "Nadie debe ser jefe o esclavo", a "Y esto incluye maridos y esposas."

Una meta elemental se transforma en política, sus defensores amplían sus alcances y generalidades, cambian objetivos particulares en principios universales que tienen el poder de movilizar a la gente profundamente. Las metas adquieren implicaciones más allá del intento original. El "todos los hombres" que fueron creados iguales en 1776 eran hombres, blancos y propietarios. Pero el eslogan "algunas personas son creadas más iguales que otras" no habría inspirado una revolución.

Las diferentes metas políticas de los revolucionarios pueden entrar en conflicto entre ellas. La "búsqueda de la felicidad" (esto es, ganancias) implica el derecho a la explotación. "Abundancia para todos", entendida en términos de patrones de consumo del capitalismo contemporáneo, entra en conflicto con la demanda de un ambiente saludable. La necesidad de planificación del desarrollo a largo plazo puede entrar en conflicto con la demanda de autogobierno local. Nuevos objetivos son generados en el curso de la confrontación de estas contradicciones.

Finalmente, el umbral entre la izquierda liberal y la revolución puede ser cruzado cuando abandonamos la proposición "las cosas están más o menos bien, pero necesitamos correcciones", y reemplazarla por la nueva convicción de que "el sistema es básicamente injusto, irracional y peligroso a pesar de sus gratificaciones secundarias". Luego las personas pueden empezar a considerar críticamente todos los aspectos de sus vidas y comenzar a desafiar los sistemas anteriormente aceptados en la educación, estructura familiar, cuidado de la salud, división del trabajo, formas de tomar decisiones colectivas, cómo pensamos y sentimos, tipos de creación de cultura,

formas de adquirir conocimiento, patrones de relaciones personales y diseño industrial. Una vez más, las diferentes metas pueden entrar en conflicto, aunque solo temporalmente. Diferentes sectores pueden presionar por diferentes tipos de cambios. La planificación central puede llevar a la burocratización, la autonomía local puede quebrantar la racionalidad ecológica e incrementar la desigualdad. El racionamiento en condiciones de escasez puede proteger la igualdad, pero con la abundancia impulsa el comercio.

No hay un estado final. Los hábitos anticomunistas de referirse al "paraíso de los trabajadores" entre comillas, está lejos de la realidad, al imaginar que concebimos algún punto final utópico. Por lo tanto, a pesar de que como revolucionarios luchamos por aquellos acuerdos que hacen compatibles a las diferentes metas emancipadoras, no podemos prever con verdadera exactitud los problemas que surgirán o las nuevas aspiraciones que la gente tendrá al crecer en una sociedad diferente.

Conclusiones

La dialéctica

Los científicos como otros intelectuales, llegan a su trabajo con alguna visión del mundo, un conjunto de preconcepciones que proveen el marco de sus análisis del mundo. Estas preconcepciones actúan a niveles explícitos e implícitos, incluso cuando se invocan explícitamente, subyacen suposiciones sin examinar y no expresadas. El intento de analizar la evolución como una interacción entre causas genéticas internas y causas ambientales externas hace explícita la distinción entre el organismo y el ambiente. Además, subyacen en esta distinción el principio implícito, no examinado de que el organismo y el ambiente son, en realidad, sistemas separados con sus propias propiedades autónomas.

Nosotros tenemos nuestras propias preconcepciones intelectuales. Lo que nos diferencia de la mayoría de los científicos, es nuestro intento por hacer explícitas estas preconcepciones donde podamos. El capítulo anterior en este libro fue en gran parte escrito desde una perspectiva marxista. Refleja el conflicto entre el materialismo dialéctico, al que nos comprometemos de manera consciente, y la ideología mecanicista, reduccionista y positivista que domina nuestra educación académica y que impregna nuestro ambiente intelectual. Sin embargo, no hemos intentado definir el método dialéctico o exponer sus principios como una lista explícita. Este capítulo no

está basado en una lista claramente redactada de los "principios dialécticos". Más bien, refleja ciertos hábitos de pensamiento, ciertas formas de cuestionamientos que identificamos como dialécticos. Sin embargo, parece necesario, para continuar con el programa intelectual de esta colección, intentar una discusión explícita de esta forma de pensamiento.

La formalización de la dialéctica tiene una forma de aparente rigidez y dogmatismo que parece contradecir la fluidez e historicidad de la visión del mundo marxista. Se da especialmente en el caso de la declaración de "leyes", en analogía con las leyes de las ciencias naturales. La mayoría de las leyes científicas establecen relaciones cuantitativas entre variables y sirven como base para predecir. Las "leyes" de la dialéctica no son claramente análogas a, por ejemplo, la ecuación de Einstein $e=mc^2$, sino más bien análogas al primer principio, a la constancia de la velocidad de la luz en todos los sistemas inerciales y a la conservación del momento. Tal vez los principios de la dialéctica son análogos a los principios de variación, heredabilidad y selección de Darwin en el sentido que crean los términos de referencia a partir de los cuales se pueden derivar cuantificaciones y predicciones.

Una segunda razón de nuestra reticencia a formular la dialéctica en términos de leyes es que generan la ilusión de que la dialéctica es un conjunto de reglas que surgen simplemente de la naturaleza. No lo son. Una visión dialéctica de la dialéctica subrayaría que los principios y el vocabulario tomado de los filósofos se han transformado e invocado polémicamente oponiéndose o negando el marco ideológico dominante de la burguesía, es decir la perspectiva reduccionista cartesiana. La importancia de la dialéctica es desafiar conscientemente a la mayor fuente de errores del presente. Nuestra descripción de los principios de la dialéctica está dirigida

específicamente a ayudar a resolver los problemas con los que trabajamos tanto en nuestra ciencia como en nuestra vida política.

Es posible que cualquier conclusión sobre el mundo pueda ser alcanzada por cualquier persona, independientemente de sus compromisos previos con una ideología o visión del mundo, si desarrollamos la flexibilidad y la capacidad para la novedad que caracteriza al pensamiento humano. Newton, que aceptaba el mundo sobrenatural de las creencias religiosas concebía, sin embargo, un mundo con una necesidad mecánica intransigente. No es necesario recordar que la construcción de un modelo de naturaleza particular necesita una forma particular de ver el mundo para argumentar que la ideología nos predispone a ver algunas cosas y no ver otras. En realidad, sería muy extraordinario si un naturalista del siglo XVI viajando con Colón o Magallanes regresara a su hogar con la misma visión que Darwin tuvo cuando bajó del *Beagle*. De hecho, apenas podemos imaginar que alguien envíe a un naturalista en un viaje alrededor del mundo en 1519. Las ideas de causa y efecto, sujeto y objeto, parte y todo forman un marco intelectual que delimita nuestra construcción de la realidad, podemos ser apenas conscientes de su existencia o, si lo somos, afirmarla como una realidad evidente que debe limitar todo el pensamiento. No comenzamos, ni podríamos comenzar desde cero cada vez que pensamos algo sobre el mundo. El conocimiento es socialmente construido porque nuestras mentes están socialmente construidas y porque los pensamientos individuales solo se transforman en *conocimiento* por el proceso de ser aceptado en la circulación social. De este modo, la ideología dominante marca el tono de la investigación teórica de los fenómenos que luego se convierte en la práctica que refuerza la propia ideología.

Inevitablemente algunos problemas de la comprensión del mundo no pueden ser resueltos en el marco ideológico comúnmente aceptado. Estos son considerados "fundamentalmente" irresolubles o son ignorados discretamente en la marcha triunfante

del descubrimiento. El desarrollo del conocimiento se asemeja a la conquista de la tierra por un ejército medieval. Las ciudades están sitiadas, la mayoría sometidas, pero algunas resisten indefinidamente. El ejército las atraviesa, dejando atrás algunas de sus tropas, que se establecen para un largo y frustrante asedio. Este ha sido indudablemente el caso en la biología, donde el extraordinario progreso hecho en los estudios moleculares es la consecuencia de un programa sencillamente reduccionista, mientras que la comprensión del desarrollo embrionario y del funcionamiento del sistema nervioso ha permanecido en estado rudimentario. Incluso los biólogos evolutivos, que son ampliamente aceptados como el triunfo de la ciencia moderna, han barrido muchos problemas debajo de la alfombra de lo indescriptible.

La manera dominante del análisis del mundo físico y biológico y por extensión del mundo social, que surge con las "ciencias" sociales, ha sido el reduccionismo cartesiano. Este modo cartesiano se basa en cuatro compromisos ontológicos, que impusieron su sello en el proceso de creación del conocimiento:

1. Cualquier sistema completo está formado por un conjunto de unidades o partes naturales.

2. Estas unidades son homogéneas entre sí, al menos en la medida en que afectan a la totalidad de la cual son parte.

3. Las partes son ontológicamente previas a la totalidad. Esto significa que las partes existen aisladamente y se reúnen para formar la totalidad. Las partes tienen propiedades intrínsecas, que poseen aisladamente y que añaden a la totalidad. En los casos más simples la totalidad es nada más que la suma de las partes, en los casos más complejos permite la interacción de las partes para producir propiedades adicionales a la totalidad.

4. Las causas están separadas de los efectos, las causas son propiedades de los sujetos y los efectos de los objetos. Mientras que las causas pueden responder a la información que proviene de los efectos (también llamados "bucles de retroalimentación"), no hay

ambigüedad sobre lo que causan los sujetos y lo que causado en los objetos (esta distinción persiste en la estadística como variables dependientes e independientes).

Caracterizamos al mundo descripto por estos principios como un mundo *alienado*, un mundo en el que las partes están separadas de la totalidad y se materializan como cosas en sí mismas, causas separadas de los efectos, sujetos separados de los objetos. Es un mundo físico que refleja la estructura de un mundo social alienado en el cual es concebido. Comenzando en Europa en el siglo XIII con los primeros destellos de los comerciantes emprendedores y culminando con la revolución burguesa en los siglos XVII y XVIII. Las relaciones sociales enfatizaron la primacía del individuo alienado como un actor social. Por actos sucesivos de cercamiento, la tierra fue alienada de los campesinos cultivadores, que anteriormente estaba atada a ellos y viceversa. Los individuos se transforman en átomos sociales, colisionando en el mercado, cada uno con su interés especial y propiedades intrínsecas a sus roles. Sin embargo, ninguna persona individual es reducida a un rol simple en la sociedad burguesa. Las mismas personas son tanto consumidores como productores, dueños e inquilinos, jefes y empleados. A pesar de todo, la teoría social burguesa considera a la sociedad como construida por grupos con intereses homogéneos. Los "consumidores" tienen sus intereses, los "trabajadores" los suyos, el "capital" el suyo. La totalidad de la sociedad toma una forma determinada por la acción recíproca de estas categorías.

El mundo alienado es tanto ideológico como real. Claramente, la exclamación de que el orden social es el resultado natural del ajuste de las demandas e intereses de grupos competidores, es una formulación ideológica que hace aparecer a la estructura como inevitable y refleja la realidad que fue construida. Como individuos, los trabajadores venden su fuerza de trabajo en el mercado, cuyas condiciones fueron hechas por la lucha entre trabajadores y empleadores. Los consumidores tienen intereses opuestos a los

productores en relación a las mercancías que estos últimos les ofrecen. Este grupo de interés, los productores, fueron creados por el sistema de relaciones del cual se dice que son la base.

De la misma manera, el mundo físico alienado no es solo una estructura de conocimiento, sino una estructura física impuesta sobre el mundo. Que una de las cadenas de causas que se cruzan se transforme en *la* causa de un efecto dado, está determinado en parte por la práctica social. Por ejemplo, la investigación y práctica médica aíslan una causa particular de una enfermedad y la tratan. El bacilo de la tuberculosis se vuelve *la* causa de la tuberculosis, a diferencia de, por ejemplo, el capitalismo industrial desregulado, debido a que el bacilo se convirtió en el punto de ataque médico de la enfermedad. La alternativa que no sea un enfoque "médico" de la tuberculosis, sino uno "político" implica que la medicina no sea un negocio en una estructura social alienada. Si en cambio se identifica al bacilo como la causa, se desarrolla una terapia para tratarlo, antes que una revolución social.

A veces los problemas son creados, en parte, por la solución inventada para enfrentarlo. La competencia de ciertas malezas con el cultivo es un problema serio para los agricultores, un problema que ahora está "resuelto" por la aplicación de herbicidas al por mayor. Pero no todas las malezas son malas para la cosecha, y además las malezas compiten entre ellas. Usando herbicidas de amplio espectro, se destruyen tanto las malezas beneficiosas como dañinas, de esta manera el "problema de la maleza" es, en parte, creado por la operación que se supone lo enfrenta. Lo mismo es válido para los insectos, los cuales son seleccionados por su resistencia genética a los insecticidas, por los mismos insecticidas usados para controlarlos. En consecuencia, más grande es la cura, más grande el problema.

Ninguna forma de pensar el mundo de los fenómenos puede proveer una descripción del conjunto infinitamente complejo de causas que interactúan en los eventos. Nuestro argumento es que la

visión del mundo alienado captura una sombra empobrecida de las relaciones reales entre los fenómenos en el mundo, considerada a sí misma solo como las proyecciones de objetos multidimensionales sobre planos fijos de baja dimensionalidad. En realidad, es un *objetivo* explícito del reduccionismo cartesiano encontrar un conjunto muy pequeño de vías causales independientes o "factores" que pueden usarse para reconstruir un gran dominio del fenómeno. Un ejercicio elemental en los cursos de diseño es hacer un objeto que es circular en una proyección, cuadrado en una segunda y triangular en una tercera (dejamos la solución como ejercicio para el lector). La ciencia alienada acuerda con el mundo alienado de esas proyecciones, mientras que la visión dialéctica intenta entender al objeto en su dimensionalidad completa. Por supuesto, algunos objetos, como las esferas, son las mismas en todas las proyecciones, entonces triunfa la estrategia reduccionista.

El error del reduccionismo, desde el punto de vista general, es que supone que el objeto de mayor dimensión está de alguna manera "compuesto" de sus proyecciones de menor dimensión, que las partes "naturales" de las cuales se compone la totalidad tienen una primacía ontológica y existen aisladamente. En el mundo alienado las cosas son básicamente homogéneas, en realidad, el objetivo de la ciencia reduccionista es encontrar esas unidades más pequeñas que son internamente homogéneas, las unidades naturales de las que está hecho el mundo. La historia de la química y física clásica constituye el epítome de esta visión. En la química clásica los objetos microscópicos estaban hechos de una mezcla de moléculas, cada una de los cuales era homogénea dentro de sí misma. Con el desarrollo de la teoría atómica de la materia, las moléculas fueron vistas como una mezcla de átomos de diferente clase; entonces, las moléculas pasaron a ser vistas como internamente heterogéneas. Luego, parece que los átomos desafiaban su nombre (a-tomos, indivisible), porque ellos también eran internamente heterogéneos, compuestos por neutrones, protones y electrones elementales. Pero incluso esa

homogeneidad ha desaparecido, y la cantidad de partículas "elementales" se ha multiplicado con la creación de un acelerador de partículas más potente. Los físicos creen que la teoría actual predice todas las partículas que existen, pero ese aparato teórico es de solo una docena de años; las personas cautelosas se reservan el juicio.

Por el contrario, en la visión dialéctica del mundo, se asume desde el principio que las cosas son internamente heterogéneas en cada nivel. Y esta heterogeneidad no significa que el objeto o sistema está compuesto por unidades naturales fijas. Mejor dicho, la división "correcta" de la totalidad en partes cambia, dependiendo del aspecto particular de la totalidad en cuestión. En la reconstrucción evolutiva el problema es identificar las unidades de evolución anatómicas, comportamentales y fisiológicas. ¿Es la mano una unidad de evolución? ¿O lo es la extremidad anterior? O por el contrario, ¿es cada dedo o todos juntos la unidad apropiada? La respuesta depende de la forma en que interactúan los genes unos con otros para influenciar el desarrollo de la mano y de la manera en que opera la selección natural. Pero la interacción de los genes evoluciona en sí misma, y la naturaleza de la fuerza de selección natural varía de momento en momento y de especie en especie; por lo tanto, la mano puede ser una unidad de evolución para algunos momentos pero para otros no. Además, el grado de integración funcional o independencia de los dedos, manos, y antebrazo puede evolucionar. Una unidad de evolución puede, por su propia evolución, aniquilarse a sí misma como unidad para una futura evolución. Es una cuestión de lógica simple que las partes pueden ser partes sólo cuando hay un todo del que pueden ser parte. Las partes implican totalidad y viceversa. Todavía la práctica reduccionista ignora esta relación, aislando las partes como unidades preexistentes de las cuales está compuesta la totalidad. En el mundo dialéctico la relación

lógica dialéctica entre parte y todo es tomada en serio. Las partes *hacen* al todo y el todo *hace* a las partes.

Parece claro que en algún grado todas las porciones del mundo físico están en interacción recíproca. A pesar que en la práctica, la mayor parte de esas interacciones son irrelevantes. Puede pasar que "no se pueda agitar una flor sin preocuparse por una estrella", pero de hecho, nuestra jardinería no tiene ningún efecto sobre el Sol, porque la gravedad es una fuerza débil que disminuye con el cuadrado de la distancia. Por otro lado, el crecimiento de nuestras flores está afectado por el Sol ya que los fotones viajan a través de aproximadamente 150 millones de kilómetros sin perder su energía. La comunidad ecológica no pierde su significado como unidad de análisis, ni su efectividad como nivel de interacción, ya que es posible conectar cada especie del mundo con otra a través de una larga cadena de interacciones bióticas remotas. El problema para el ecologista no es dividir a todos los organismos en comunidades, sino buscar grupos de especies entre las cuales hay interacciones fuertes y entre las que hay relaciones débiles en circunstancias particulares. Una simple especie puede ser parte de dos comunidades sin por ello reunir esas comunidades en una sola. El búho como predador pertenece a una comunidad y como defecador es parte de otra muy diferente.

Entonces, el primer principio del enfoque dialéctico es que la totalidad es una relación de partes heterogéneas que no tienen existencia previa *como partes*. El segundo principio, que surge del primero, es que en general, las propiedades de las partes no tienen una existencia previa alienada sino que son adquiridas por ser partes de un todo particular. En el mundo alienado las propiedades intrínsecas de las partes alienadas confieren propiedades a la totalidad, las cuales pueden adicionalmente tomar alguna nueva propiedad que no es característica de las partes: el todo puede ser más que la suma de las partes. Pero no viene al caso el antiguo debate sobre la emergencia, que indica que el todo puede tener propiedades no

intrínsecas de las partes. El hecho es que las partes tienen propiedades que son propias por ser partes de un todo, las propiedades entran en existencia en la interacción que hace el todo. Una persona no puede volar agitando sus brazos, no importa cuánto lo intente, ni un grupo de personas volará por agitar todos juntos sus brazos. Pero las personas vuelan, como consecuencia de una organización social que creó aviones, pilotos y combustible. Sin embargo, no es la sociedad la que vuela, sino los individuos en la sociedad que adquirieron una propiedad que no tienen fuera de la misma. Las limitaciones de los seres físicos individuales son negadas por las interacciones sociales. En consecuencia, el todo no es simplemente el objeto de interacción de las partes sino es el sujeto de acción sobre las partes.

El énfasis de la dialéctica en la totalidad es compartida por otras escuelas de pensamiento que se rebelan a la fragmentación de la vida bajo el capitalismo, la estrechez de la especialización y el reduccionismo de la teoría médica y cultural. Los movimientos holísticos de la salud subrayan la inseparabilidad de los procesos psicológicos y fisiológicos, la relevancia de la nutrición, el ejercicio, el efecto de las emociones y las interacciones complejas de los diferentes nutrientes. El movimiento ecologista remarca la unidad de la naturaleza, que nos incluye a nosotros.

Acordamos con este criticismo de las prácticas comunes, pero diferimos con estos grupos de dos formas principales. La mayoría de los movimientos de medicina alternativa se focaliza en el individuo, sin integrar al individuo dentro el proceso social, tanto en el análisis como en el programa. Y diferimos en su principio organizativo de armonía, equilibrio o "unidad" con la naturaleza. En el enfoque dialéctico el todo no es inherentemente equilibrado o armónico, su identidad no es fija. Es el lugar de procesos

internos opuestos, y el resultado de esa oposición está equilibrado solo temporariamente.

Luego, un tercer principio dialéctico, es que la compenetración de las partes y el todo es una consecuencia de la intercambiabilidad del sujeto y el objeto, de causa y efecto. En el mundo alienado los objetos son pasivos, elementos causados por otros activos, los sujetos causales. En la teoría evolutiva los organismos generalmente son vistos como los objetos de la evolución: a través de la selección natural, los cambios autónomos en el ambiente causan alteraciones adaptativas en los organismos pasivos. Sin embargo, como argumentamos en el capítulo 3, la situación real es bastante diferente. Los organismos son tanto sujetos como objetos de la evolución. Ambos hacen y son hechos por el ambiente y son actores de su propia historia evolutiva.

La separación entre causas y efectos, sujetos y objetos en el mundo alienado tiene una consecuencia política directa, resumida en la expresión "no puedes pelear contra el poder". El mundo externo establece las condiciones a las cuales debemos adaptarnos, así como el ambiente fuerza a las especies a adaptarse biológicamente. La ideología de "ser realista" se manifiesta en teorías del desarrollo de la psiquis humana, como la de Piaget, que afirmó que "el equilibrio se alcanza cuando el adolescente comprende que la función correcta de la reflexión no es contradecir, sino preceder e interpretar a la experiencia".[1] A esto contraponemos la tesis 11 sobre Feuerbach, de Marx: "los filósofos solo han *interpretado* en mundo de varias maneras; el punto, sin embargo, es *cambiarlo*".

Otras dos escuelas de pensamiento también reconocen la heterogeneidad del mundo, pero de diferentes maneras. Los liberales son aficionados a insistir que en las situaciones "no todo es blanco o negro", que cada camino de acción tiene sus ventajas y sus desventajas, sus costos y beneficios. Su solución es ver al mundo como una

[1]Piaget, J.: *Six psychological studies*, Random House, New York, 1967.

gama de grises, pesar los costos y los beneficios a partir de alguna escala que llega a un resultado único, la ganancia o pérdida neta, o insistir que dados dos extremos, "la verdad se encuentra en algún punto intermedio", que en cada caso las diferencias son cuantitativas y las contradicciones son resueltas por compromiso.

El taoísmo chino comparte con la dialéctica el énfasis en la totalidad, el todo es mantenido por el equilibrio de los opuestos, como el ying y el yang. A pesar del equilibrio, el ying y el yang no pierden sus identidades en alguna mezcla intermedia. La medicina china reconoce como patologías distintivas un exceso de ying y una deficiencia de yang. Sin embargo, el equilibrio es considerado como el estado natural deseable y la meta de la intervención es restaurar el equilibrio. Por lo tanto el holismo taoísta es una doctrina de la armonía y no del desarrollo.

Como los elementos se recrean unos a otros a partir de la interacción y son recreados por el todo del cual son parte, el cambio es la característica de todos los sistemas y de todos los aspectos de todos los sistemas. Este es el cuarto principio dialéctico. En el pensamiento burgués el cambio ocupa una posición aparentemente contradictoria que proviene de la historia de la revolución burguesa. El triunfo del capitalismo fue acompañado por una iconoclasia liberadora, exuberante y arrogante. El cambio, en palabras de Herbert Spencer, era una "necesidad beneficiosa". Las personas pueden cambiar su status, el éxito viene por la innovación. Pero a partir de la instalación del dominio burgués, la sociedad burguesa en sí misma fue vista como la culminación del desarrollo social, la liberación final de la humanidad, el paso del grillete de restricciones feudales artificiales al estado natural del hombre económico. A partir de ese punto, el cambio debía ser restringido dentro de límites estrechos: produciendo innovaciones tecnológicas, mejorando las leyes, equilibrando, ajustando, comprometiéndose, expandiéndose o declinando. La legitimación de la sociedad burguesa significó la negación de la necesidad de cambios fundamentales e incluso la

posibilidad de que ocurran. La estabilidad, el equilibrio, el balance y la continuidad se transformaron en virtudes positivas en la sociedad y por lo tanto también de los objetos de interés intelectual.

El cambio fue visto cada vez más como superficial, como solo de apariencia, enmascarando alguna estabilidad subyacente. Incluso en la teoría evolutiva, que representa el estudio del cambio por excelencia, vemos la profunda negación al cambio. La evolución fue simplemente la recombinación de unidades inmutables de idioplasma; especies interpretando sin fin la música de sus nichos; los cambios en apariencia radicales a través del tiempo geológico fueron solo prolongaciones de la microevolución observada en el laboratorio; y todo esto era solo la secuencia de manifestaciones de los genes egoístas en diferentes contextos de egoísmo.

En la elección dentro de posibilidades alternativas, la prioridad se le ha dado a la hipótesis inútil de que el cambio no existe. Hasta hace poco, los modelos de dinámica se focalizaban en las condiciones de equilibrio estable. Esto desviaba la atención de las formas variadas en las cuales los sistemas podían ser inestables. Como la estabilidad requiere la satisfacción simultánea de una gran cantidad de diferentes criterios (el doble de las variables del sistema) los sistemas pueden ser estables de una sola manera, mientras que pueden ser inestables de muchas otras. Recientemente la atención cambió a la riqueza de los procesos que no están en equilibrio.

En el pensamiento burgués el cambio es a menudo visto como el despliegue regular de lo que ya existe (en principio, en los genes), esto se refleja en la mención de la secuencia de los *resultados* de un cambio, las etapas necesarias del desarrollo social o individual. Este cambio del proceso al resultado también contaminó el pensamiento socialista cuando la visión dinámica de la historia como la historia de la lucha de clases fue reemplazada por la gran marcha de las etapas, que van del comunismo primitivo al esclavismo, al feudalismo, al capitalismo, al socialismo y a la gloriosa puesta del Sol. Incluso cuando los cambios profundos no pueden ser ignorados,

se reconocen a regañadientes, negados por el desanimado aforismo "cuanto más cambian las cosas, más permanecen igual". En el mundo alienado hay constantes y variables, cosas que son fijas y cosas que cambian, como consecuencia de leyes fijas que operan dentro de valores con parámetros fijos.

En el mundo dialéctico, como todos los elementos (siendo a la vez objetos y sujetos) están cambiando, las constantes y las variables no son clases distintas de valores. La escala de tiempo de cambio de diferentes elementos puede ser muy diferente, por lo que un elemento tiene la apariencia de ser un parámetro fijo del otro. Por ejemplo, las formulaciones de la genética de poblaciones toman al ambiente como constante por largos períodos de tiempo, con el fin de calcular la trayectoria de la frecuencia génica y su equilibrio. Pero como el ambiente cambia lentamente, los equilibrios en sí mismos pueden estar cambiando más lentamente. De manera recíproca, la ecología de poblaciones asume que las especies no están cambiando genéticamente, para poder calcular la trayectoria demográfica por clases de edades, a pesar de que el equilibrio puede cambiar lentamente a medida que la composición genética de la población cambia. Finalmente, la comunidad ecológica toma las propiedades demográficas y genéticas de las especies como constantes, para poder predecir el equilibrio de la cantidad de especies en una comunidad, a pesar de que puedan cambiar lentamente, como ocurrir cambios genéticos en una escala de tiempo evolutivo.

Desafortunadamente, la escala de tiempo de estos procesos *no* es, por lo general, diferente, por lo tanto la presunción de que un proceso puede mantenerse constante mientras el otro cambia es un error. La derivación de Fisher del parámetro malthusiano para seguir los cambios genéticos en la población, comete el error de suponer que la distribución de edades puede permanecer constante durante el proceso de selección.[2] No fue hasta cuarenta años des-

[2]Fisher R. A.: *The genetical theory of natural selection*, Clarendon Press,

pués de la publicación de *The Genetical Theory of Natural Selection* que los procesos de cambio demográfico y genético fueron tratados simultáneamente.[3] Otra manifestación del mismo error es tratar al fitness de los genotipos en las poblaciones como independiente de las frecuencias de esos genotipos, relegando la llamada "selección dependiente de la frecuencia" a la categoría de un caso especial y sin importancia. Aún los procesos más selectivos son necesariamente dependientes de la frecuencia, especialmente si involucran interacciones competitivas o cooperativas.

Por supuesto que hay constantes físicas como la masa del electrón, la velocidad de la luz, la constante de Planck, que consideramos como fijas e insensibles a los sistemas de los que son parte. Sin embargo, su constancia no es una ley derivada de otros principios, más primitivos, sino una suposición. No *sabemos*, de hecho, que *la* masa *del* electrón ha sido la misma desde el comienzo de la materia ni, incluso, si ha sido tan constante que su valor no es un accidente de la historia de la materia. Si estos valores están cambiando, y en caso afirmativo a qué velocidad, es una cuestión contingente, que no será respondida a partir de principios. La diferencia entre el reduccionismo y la dialéctica es que la primera considera la constancia como la condición normal, hasta que se demuestre lo contrario, mientras que la última espera el cambio pero acepta la aparente constancia.

No solo los parámetros cambian en respuesta a los cambios del sistema de los que son parte, sino que las leyes de transformación también cambian. En la visión del mundo alienado, las entidades pueden cambiar como consecuencia del desarrollo de las fuerzas, pero las fuerzas en sí mismas permanecen constantes o cambian

---

Oxford, 1930.

[3]Charlesworth, B.: "Selection in populations with overlapping generations I. Use of Malthusian parameters in population genetics", in *Theoretical Population Biology*, nº 1, 1970, pp. 352-370.

autónomamente como resultado del desarrollo de propiedades intrínsecas. Sin embargo, de hecho las entidades que son objeto de las leyes de trasformación se vuelven sujetos que cambian esas leyes. Los sistemas destruyen las condiciones que los provocaron en primer lugar y crean las posibilidades de nuevas transformaciones que no existían previamente. La ley de que toda vida surge de la vida fue representada solo hace un billón de años atrás. La vida originalmente surgió de la materia inanimada, pero ese origen hizo imposible su continuidad, ya que los organismos vivos consumen las moléculas complejas orgánicas necesarias para recrear la vida *de novo*. Además, la atmósfera reducida que existía antes del origen de la vida ha sido transformada por los mismos organismos vivos, a una que es rica en oxígeno reactivo.

El cambio que es característico de los sistemas surge de relaciones externas e internas. La heterogeneidad interna de un sistema puede producir una inestabilidad dinámica que resulta en un desarrollo interno. Al mismo tiempo el sistema como un todo se desarrolla en relación a un mundo externo, el cual influye y es influenciado por ese desarrollo. En consecuencia, las fuerzas internas y externas se afectan mutuamente y al objeto, que es el nexo entre estas fuerzas. La biología clásica, es decir la biología alienada, siempre ha separado las fuerzas internas y externas que operan en los organismos, manteniendo una constante mientras considera las otras. Así, la embriología siempre remarcó el desarrollo de un organismo como la consecuencia de fuerzas externas, independientes del ambiente. A lo sumo el ambiente es considerado como una señal que establece el curso del desarrollo de las fuerzas internas. La biología del desarrollo se consume con el problema de cómo los genes determinan al organismo. Por otro lado, la biología evolutiva al menos en la práctica en los países anglo-sajones, está obsesionada con el problema de la adaptación del organismo al mundo externo

y asume sin cuestionar que cualquier alteración favorable en el organismo es obtenida por mutación.

Sin embargo sobran las evidencias de que la ontogenia de un individuo es una función tanto de los genes como del ambiente en el que se desarrolla. Aún más, es indudable el caso de que ningún tetrápodo tuvo éxito, sin importar las fuerzas involucradas, en adquirir alas sin renunciar a un par de miembros. La separación en fuerzas internas y externas del desarrollo es una característica de la biología alienada que debe ser superada si se quiere resolver el problema de la embriología o la evolución.

La afirmación de que todos los objetos son internamente heterogéneos nos conduce en dos direcciones. La primera es a la afirmación de que no hay sustancia final. Esta no es una imposición a priori sobre la naturaleza sino una generalización de la experiencia: todo lo propuesto previamente sobre las "unidades básicas" inseparables han resultado hasta ahora separables, y la descomposición ha abierto nuevos dominios para la investigación y la práctica. Por lo tanto la proposición de que no hay basamento ha probado ser una mejor guía para la comprensión del mundo que la proposición opuesta. Además, la afirmación de que no hay basamento demuestra la legitimidad de investigar cada nivel de organización, sin tener que buscar las unidades fundamentales.

Una segunda consecuencia de la heterogeneidad de todos los objetos es que nos dirige hacia la explicación del cambio en términos de los procesos opuestos que están unidos dentro de ese objeto. La heterogeneidad no es simplemente diversidad: las partes y procesos se confrontan entre ellos como opuestos, condicionados a la totalidad de la que son parte. Por ejemplo, en el sistema de predador-presa de los lemmings y los búhos, ambas especies están en los polos opuestos del proceso, la predación simultáneamente determina la tasa de mortalidad de los lemmings y la de nacimiento de los búhos. No es que los lemmings son opuestos a los búhos en algún sentido ontológico, o que los lemmings presuponen a los

búhos o que no podrían existir sin estos. Sino que dentro del contexto particular de ese ecosistema, la interacción ayuda a conducir la dinámica de la población, que muestra una fluctuación espectacular en las cantidades.

Lo que caracteriza al mundo dialéctico, en todos sus aspectos, como ya lo hemos descripto es que está constantemente en movimiento. Lo constante se vuelve variable, las causas se vuelven efectos y el sistema se desarrolla destruyendo las condiciones que le dieron origen. Incluso los elementos que parecen estables están en un equilibrio dinámico de fuerzas que puede aparecer repentinamente desbalanceada, como cuando una masa gris opaca de metales de un tamaño crítico se convierte en una bola de fuego más brillante que cien soles. Incluso el movimiento no es ilimitado y uniforme. Los organismos se desarrollan y diferencian, luego mueren y se desintegran. Las especies surgen pero inevitablemente se extinguen. Incluso en el mundo físico simple sabemos de movimientos no uniformes. Incluso la Tierra rotando sobre su eje se ha ralentizado en el tiempo geológico. El desarrollo de los sistemas a través del tiempo, entonces, parece ser la consecuencia de fuerzas y movimientos opuestos.

Este aspecto de fuerzas opuestas dio lugar al concepto del pensamiento dialéctico más debatido y difícil, sino el más central, el principio de contradicción. Para algunos, la contradicción es solo un principio epistémico. Este principio describe cómo podemos comprender el mundo a través de la historia de teorías antitéticas, que en contradicción entre ellas y en contradicción con el fenómeno observado, llevan a una nueva visión de la naturaleza. La teoría de la revolución científica de Kuhn tiene algunos de estos condimentos de contradicción y resolución continuas, dando lugar a nuevas contradicciones.[4] Para otros, la contradicción no solo es epistémica sino también política, la contradicción entre las clases es

---

[4]Kuhn, Th.: *La estructura de las revoluciones científicas*, FCE, México, 2004.

el poder de movimiento de la historia. Para nosotros, la contradicción no es solo epistémica y política, sino ontológica en el sentido más amplio. Las contradicciones entre las fuerzas están en todos lados en la naturaleza, no solo en las instituciones sociales humanas. Esta tradición de la dialéctica se remonta a Engels, que escribió, en *Dialéctica de la Naturaleza*, que "para mi no se trata de construír las leyes de la dialéctica de la naturaleza sino de descubrirlas en ella". Por supuesto la comprensión de Engels del mundo físico era la del siglo XIX, y mucho de lo que escribió parece pintoresco. Además, los dialécticos han intentado repetidas veces hacer de la identificación de las contradicciones en la naturaleza la característica central de la ciencia, como si todos los problemas científicos se vayan a resolver cuando las contradicciones sean reveladas. Ni el error factual de Engels, ni la rigidez de los dialécticos idealistas cambian el hecho de que las fuerzas opuestas yacen en la base del mundo físico y biológico.

Las cosas cambian por la acción de fuerzas opuestas en ellas, y las cosas son como son por el equilibrio temporario de estas fuerzas opuestas. En los inicios de la biología prevaleció una visión inercial: las células nerviosas estaban en reposo hasta que eran estimuladas por otras células y en el fondo por excitación sensorial. Los genes actuaban si estaba presente la materia prima necesaria para su actividad, de otro modo estaban inactivos. La frecuencia genética en una población permanecía estática en ausencia de selección, mutación, deriva aleatoria o migraciones. La naturaleza estaba en equilibrio hasta que era perturbada. Más adelante, se reconoció que los impulsos nerviosos actúan tanto para inhibir como para excitar a otros nervios, entonces el estado de un sistema depende de la red de estímulos opuestos, y esa red puede generar una actividad espontánea. La actividad de los genes es regulada por represores, que a su vez tienen sus propios represores y todo tipo de retroalimentación

en la célula. No hay un locus genético inmune a mutaciones o deriva aleatoria y ninguna población está libre de selección.

La visión dialéctica insiste en la idea de que la persistencia y el equilibrio no son los estados naturales de las cosas pero que requieren explicación, que debe buscarse en la acción de las fuerzas opuestas. Las condiciones bajo las cuales las fuerzas opuestas se balancean y el sistema como un todo está en equilibrio estable son bastante especiales. Requieren la satisfacción simultánea de tantas relaciones matemáticas como variables tenga el sistema, por lo general expresadas como desigualdades entre los parámetros de ese sistema.

Si esos parámetros permanecen entre los límites prescriptos, los eventos externos producen pequeños cambios entre las variables que pueden ser borrados por el proceso de autorregulación del sistema estable. Así, en el ser humano la glucemia es regulada por la velocidad a la que la glucosa es liberada en la sangre en el proceso de digestión de los hidratos de carbono, la velocidad en que se almacenan como glucógeno o grasa, la velocidad en que las proteínas son transformadas en glucosa y cómo es removida y utilizada la glucosa. Si el nivel de glucosa disminuye se libera glucosa a la sangre o la persona siente hambre y come algún alimento que la contiene. El resultado es que el nivel de glucosa se mantiene constante dentro de límites tolerables. Hasta aquí estamos tratando con el patrón familiar de homeostasis, la retroalimentación negativa que caracteriza la autorregulación. Sin embargo, el páncreas puede responder débilmente a altos niveles de glucosa, lo que puede dar como resultado un coma diabético. Por el contrario, el nivel puede caer tan bajo que la persona sea incapaz de alimentarse.

Las fuerzas opuestas son vistas como contradictorias considerando que, tomadas separadamente, pueden tener efectos opuestos, y que el resultado de la acción conjunta puede ser diferente del obtenido por cada una en forma separada. Hasta aquí, el objeto puede parecer una víctima pasiva de estas fuerzas opuestas. Sin embargo, el principio de que todas las cosas son internamente heterogéneas

dirige nuestra atención a los procesos opuestos en el trabajo *dentro* del objeto. Estos procesos opuestos pueden ser vistos ahora como parte de la autorregulación y desarrollo del objeto. Las relaciones entre los procesos de desestabilización y estabilización se convierten en los objetos de interés y el objeto original es visto como un sistema, una red de retroalimentación negativa y positiva.

La retroalimentación negativa es la más familiar. Si aumenta la presión sanguínea, los sensores del riñón detectan el aumento y ponen en movimiento el proceso que la reduce. Si se producen más mercancías que las que pueden ser vendidas, los precios caen y el excedente es vendido más barato, mientras que la producción se detiene; si hay escasez, los precios suben y se estimula la producción. Si un bebé llora, le dice al adulto responsable que algo está mal, y este inicia la acción para anular la causa de disconformidad y que pare de llorar. En cada caso se evidencia que un estado particular del sistema es en sí mismo negativo dentro del contexto del sistema (elevada presión sanguínea, sobreproducción, llanto) y el aumento en algo inicia procesos que llevan a su disminución.

Pero los sistemas también contienen retroalimentaciones positivas: la presión sanguínea alta puede dañar las estructuras de medición de la presión; entonces, esta presión es subestimada y los mecanismos homeostáticos en sí mismos aumentan la presión; la sobreproducción puede llevar a reducir el empleo, que reduce el poder adquisitivo y aumenta el excedente relativo; el llanto del bebé puede evocar enojo y el abuso del niño puede resultar en más llanto.

Los sistemas reales incluyen vías tanto de retroalimentación positiva como negativa. La retroalimentación negativa es un prerequisito para la estabilidad: la persistencia de un sistema requiere vías de autorregulación negativa. Pero esto no es garantía de estabilidad y bajo ciertas circunstancias puede llevar al sistema a una oscilación. Si hay una predominancia de retroalimentación positiva o si la retroalimentación negativa por la vía de las variables

que intervienen es lo suficientemente fuerte, el sistema se vuelve inestable. Esto es, su propia condición es causa suficiente de su negación. Así los sistemas son tanto una autonegación (el estado A lleva a algún estado no-A) o dependen de su persistencia sobre los procesos de autonegación.

Vemos la contradicción, en primer lugar, como una autonegación. Desde esta perspectiva no es muy diferente a las contradicciones lógicas. Generalmente, en los procesos formales lógicos es reemplazado por las un conjunto estructural de relaciones estáticas, donde la dinámica de "A lleva a B" es reemplazada por "A implica B". Pero todos los razonamientos verdaderos ocurren en el tiempo y la paradoja lógica clásica puede ser vista como A lleva a no-A, que lleva a A, y así sucesivamente. Por ejemplo, consideremos la paradoja del barbero de Russell, que afeita a todos y cada uno de los hombres que no se afeitan a sí mismos. Si asumimos que el barbero se afeita a sí mismo, entonces pertenece al grupo de los que no se afeitan. Por lo tanto, no tiene permitido ser el barbero de sí mismo y entonces, damos vueltas y vueltas, como si cada afirmación es a su turno negada (los lógicos pueden excluir la solución feminista de que el barbero es una mujer y no se afeita a sí misma). Las contradicciones materiales y lógicas comparten la propiedad de ser procesos autonegados.

La estabilidad o la persistencia de un sistema dependen de un balance particular de retroalimentaciones positivas o negativas, sobre parámetros que gobiernan las velocidades de los procesos que caen dentro de ciertos límites. Pero estos parámetros, a pesar de que son tratados en los modelos matemáticos como constantes, son objetos del mundo real sujetos al cambio. Eventualmente, alguno de estos parámetros cruzará el umbral más allá del cual el sistema original no podrá persistir como era. Se rompió el equilibrio. El sistema puede entrar en más y más fluctuaciones y descomponerse, o las partes en sí mismas, que tienen significado dentro de ese todo particular, pueden perder su identidad como partes y dar

lugar a un sistema cualitativamente nuevo. Además, los cambios en los parámetros pueden ser una consecuencia del comportamiento estable del sistema que ellos condicionaron en primer lugar. Como resultado del ciclo de sobre y sub-producción, los negocios caen, las compañías se funden o se expanden, se crea un cuerpo permanente de personas desocupadas, y las luchas políticas culminan con el reemplazo del sistema capitalista con la totalidad de su dinámica. Si los predadores y las presas están en un equilibrio demográfico, esto puede ocultar la evolución de la presa para huir mejor del predador, lo que eventualmente resulta en la extinción del predador; o la evolución de la eficiencia del predador para cazar más allá del umbral compatible con la supervivencia de la presa, con lo cual ambos se extinguen.

El modelo dialéctico sugiere que ningún sistema es realmente estático de manera completa, a pesar de que algunos aspectos del sistema pueden estar en equilibrio. Los cambios cuantitativos que tienen lugar dentro de la aparente estabilidad cruzan el umbral más allá de los cuales el comportamiento cualitativo es transformado. Todos los sistemas son a largo plazo autonegados, mientras que en el corto plazo la persistencia depende de los estados de autonegación internos.

El punto de vista dialéctico considera la estabilidad dinámica como una situación bastante especial que debe tenerse en cuenta. Es más probable que los sistemas de cualquier complejidad (el sistema nervioso central, la economía capitalista mundial o nacional, el ecosistema, la red fisiológica del organismo) sean dinámicamente inestables. Incluso los sistemas diseñados explícitamente para ser estables, como las plantas de energía nuclear, han mostrado una propensión remarcable para comportarse de una manera no planificada.

El punto importante aquí es que los sistemas complejos muestran actividad espontánea. Cada uno de estos sistemas responde a los eventos que provienen desde afuera, aunque no es necesario

mirar las fuentes externas para las causas del movimiento. Los ciclos de negocios capitalistas no dependen de las manchas solares. Los "disturbios" políticos no se explican por agitadores externos. La abundancia cambiante de las especies no es una evidencia del impacto humano sobre el ambiente. Y es cada vez más evidente que impedir el cambio en el manejo de la vida silvestre, la protección ambiental o la sociedad es, en el largo plazo, una meta imposible.

La autonegación no es simplemente una posibilidad abstracta derivada de argumentos sobre la universalidad del cambio. Lo observamos regularmente en la naturaleza y la sociedad. El monopolio no surge como resultado de la frustración de la "libre empresa" sino como una consecuencia de su éxito: de ahí la inutilidad de la ley antimonopolio. La liberación de los siervos de los lazos feudales a la tierra también significó la posibilidad de su desalojo de la tierra, la libertad de prensa ha significado cada vez más la libertad de los dueños de la prensa para controlar la información. Los procesos de autonegación del capitalismo son a menudo expresados como comentarios irónicos, como la realización de metas ideales que se convierte en la frustración de su intento original. A veces, esta autonegación es la consecuencia de los cambios cuantitativos que cruzan el umbral. Por ejemplo, en un momento el gobierno polaco estableció una política de subsidio del precio del pan en un determinado valor para garantizar el suministro básico de alimentos. A medida que se desarrolló la inflación, la brecha entre el precio subsidiado y los precios de otras mercancías se ensanchaba. Una mañana Varsovia quedó sin pan. Los productores habían descubierto que era más barato comprar pan para alimentar su ganado que cualquier otro alimento: el mecanismo diseñado para garantizar el suministro urbano de pan se convirtió en lo opuesto.

Un segundo aspecto de la contradicción es la compenetración de categorías que parecen mutuamente excluyentes. Un paso necesario en el trabajo teórico es hacer distinciones. Pero cada vez que dividimos algo en categorías mutuamente excluyentes que en

conjunto abarcan la totalidad, un análisis más detenido demuestra que estos opuestos se compenetran. En el capítulo 3 examinamos la compenetración del organismo y el ambiente. Aquí brevemente señalamos más ejemplos.

A primera vista, los procesos "deterministas" y "azarosos" parecen ejemplificar categorías mutuamente excluyentes. Muchos árboles fueron sacrificados para imprimir los debates aceca de si el mundo, las especies o la evolución, son procesos deterministas o azarosos (el lado determinista implica orden y regularidad, el lado estocástico implica ausencia de sistema o explicación). Sin embargo, en primer lugar los procesos completamente deterministas pueden generar procesos aparentemente azarosos. De hecho, los números aleatorios utilizados para simulación computarizada de procesos aleatorios son generados por procesos deterministas (operaciones algebraicas). Recientemente, las matemáticas se interesaron en los llamados movimientos caóticos, que no llevan al equilibrio ni a movimientos periódicos regulares sino a patrones que lucen azarosos. En los sistemas de alta complejidad la probabilidad de un equilibrio estable puede ser bastante pequeña a menos que el sistema haya sido explícitamente diseñado para la estabilidad. El resultado más común es el movimiento caótico (turbulencia) o movimiento periódico, con periodos tan largos como nunca se repiten durante intervalos largos de observación, por lo tanto también aparecen como azarosos.

Segundo, los procesos azarosos pueden tener resultados deterministas. Esta es la base para la predicción sobre la cantidad de accidentes de tránsito o para las tablas actuariales. Un proceso aleatorio resulta en alguna distribución de frecuencias de los resultados. La frecuencia de distribución en sí misma está determinada por algunos parámetros y los cambios en esos parámetros tienen efectos completamente determinados sobre la distribución. Así la

distribución como un objeto de estudio es determinista aunque es el producto de eventos azarosos.

Tercero, un pequeño desplazamiento cerca de los umbrales que separan dominios con comportamientos cualitativos muy diferentes puede tener un gran efecto. Si este pequeño desplazamiento proviene de niveles de organización más bajos, serán impredecibles desde la perspectiva de los niveles más altos. Y en general la intrusión de eventos de un nivel a otro aparece como aleatoriedad.

Finalmente, la interacción de los procesos azarosos y deterministas da resultados en la evolución que son diferentes de las consecuencias de cada tipo de proceso actuando solo. En el modelo de Sewall Wright, la selección solo podría llevar a toda la población local a la misma frecuencia génica, entonces no sería posible ninguna selección entre las poblaciones. La deriva aleatoria que surge de pequeñas cantidades dentro de cada población puede resultar en la fijación no adaptativa de genes. El efecto conjunto, sin embargo, es permitir la variación entre las poblaciones locales, la cual provee la variabilidad para nuevos ciclos de selección en diferentes direcciones. Las personas saben que la búsqueda aleatoria puede ser una parte importante de los procesos adaptativos, el ensayo y error que lleva al resultado deseado por caminos inesperados.

De forma similar, la dicotomía entre sistemas de equilibrio y desequilibrio no es absoluta. Cuando los ecologistas se dieron cuenta de que la naturaleza cambia, se apresuraron a abandonar el análisis del equilibrio por considerarlo irrealista. Sin embargo, no es tan obvio que un sistema cambiante no está en equilibrio. La proporción de varias formas iónicas de fósforo en un lago llega al equilibrio en segundos, a pesar de que la cantidad total de fósforo puede cambiar. La población de algas puede equilibrarse con el nivel de minerales, que en sí mismo cambia, cambiando el de las algas. Los fenómenos que son mucho más lentos que aquellos de interés pueden ser tratados provisionalmente como constantes, mientras que aquellos que son mucho más rápidos pueden ser tratados

como si estuvieran en equilibrio. En el largo plazo es importante ver el equilibrio como una forma de movimiento más que como su polo opuesto. Nuestra conclusión, confirmada por la historia de nuestra ciencia, es que tales dicotomías son tanto necesarias como engañosas, y que no existe una descomposición completa y simple de los fenómenos en categorías mutuamente excluyentes.

La contradicción también significa la coexistencia de principios opuestos (más que procesos), los cuales, tomados juntos, tienen implicaciones o consecuencias muy diferentes que las que podrían tener separadamente. La mercancía expresa la contradicción entre valor de uso y valor de cambio (reflejada indirectamente en el precio). Si los objetos fueran producidos simplemente porque satisfacen necesidades humanas, esperaríamos que se produzcan las cosas más útiles antes que las menos útiles, y esperaríamos que los objetos y métodos de producción fueran diseñados para minimizar el daño y el peligro y maximizar la duración o la capacidad de ser reparado. Las cantidades producidas corresponderían a los niveles de necesidad, cualquier declinación en las necesidades permitirían más ocio o la producción de otros objetos. Si los objetos no tienen valor de uso para nadie, no podrían ser vendidos, el valor de uso hace posible el intercambio. Pero la posibilidad del valor de cambio lleva a resultados que a menudo contradicen las necesidades humanas que dieron origen a las mercancías en cuestión. Las mercancías pueden ser producidas, por ejemplo, solo para aquellos que pueden pagarlos, y la prioridad será dada a la producción de aquellas mercancías con el más alto margen de ganancia. Las innovaciones productivas que hagan las mercancías más fácil y baratas de hacer pueden crear desempleo o insalubridad para los trabajadores y los consumidores. Entonces, el proceso de satisfacción de las necesidades humanas por la creación de mercancías cuyo valor de cambio es de suma importancia, en realidad, crea nuevas dificultades.

Una proposición simple puede tener implicaciones opuestas. Por ejemplo, consideremos el hecho de que más de la mitad de la

población de Puerto Rico recibe cupones de alimento. Esto sirve como una base tanto para el partido que está en poder para justificar la continuidad de la dominación americana, como para la oposición para criticar esa regla. Por un lado, ochenta y seis años después de que Estados Unidos ocupara Puerto Rico, la economía de la isla es más dependiente y menos capaz de mantener a su población que antes. Cerca de 5 mil millones de dólares son extraídos anualmente por Estados Unidos en la forma de ganancias o intereses, impidiendo que Puerto Rico acumule lo que necesita para el desarrollo autónomo. Por otro lado, los cupones de alimento no están disponibles en Honduras y en la República Dominicana. Para el destinatario de los cupones de comidas, la experiencia directa es de la benevolencia americana. Requiere un rodeo intelectual percibir que la necesidad de cupones de alimento es el resultado de ser absorbidos en la economía americana, que los Estados Unidos es la causa del problema que parcialmente aminora. Mucho del conflicto político alrededor del status de Puerto Rico deriva de las implicaciones contradictorias del mismo hecho.

Los principios del materialismo dialéctico que intentamos aplicar a la actividad científica tienen implicaciones en la estrategia de investigación y la política educacional así como prescripciones metodológicas:

Historicidad. Cada problema tiene su historia en dos sentidos: la historia del objeto de estudio (la vegetación de Norteamérica, la economía colonial, la extensión de *Drosophila pseudoobscura*) y la historia del pensamiento científico sobre el problema, una historia no dictada por la naturaleza sino por las formas en las cuales nuestra sociedad actúa o piensa sobre la naturaleza. Una vez que reconocemos el estado del arte como un producto social, estamos libres para mirar críticamente en la agenda de nuestra ciencia, su marco conceptual y metodología aceptada y hacer consciente las elecciones de investigación. La historia de nuestra ciencia debe

incluir también su orientación filosófica, la cual está generalmente implícita en la práctica de los científicos y lleva el disfraz del sentido común o método científico.

Es cierto que se señala que el enfoque dialéctico no es menos contingente en términos históricos y sociales que el punto de vista que criticamos, y que la dialéctica debe ser analizada dialécticamente. Esto no es vergonzoso, más bien es una conciencia necesaria para la autocrítica. La preocupación por los procesos y el cambio viene en parte de nuestro compromiso por cambiar la sociedad. Un estado de alerta a la falacia del gradualismo deriva de un desafío al liberalismo. La insistencia de ver las cosas como totalidades integradas refleja la creencia de que gran parte del sufrimiento, desperdicio y destrucción del mundo proviene de la operación del capitalismo patriarcal como un sistema mundial penetrando todos los rincones de nuestra vida, más que de una lista de defectos separados y aislados. Y el énfasis en la compenetración social de la ciencia viene de un compromiso político de luchar por una forma alternativa de organización social. Una consecuencia práctica de este punto de vista es que el estudio de la historia, sociología y filosofía de la ciencia es una parte necesaria de la educación científica.

Interconexión universal. En contra del mundo alienado donde los objetos están aislados hasta probar lo contrario, para nosotros la suposición simple es que las cosas están conectadas. La ignorancia de la interconexión, especialmente a través de límites disciplinares, ha sido la principal fuente de error e incluso de desastre en campos complejos de la biología aplicada (como la salud pública, la agricultura, la protección ambiental o la administración de recursos) y la causa del estancamiento de la teoría en estas áreas. Por lo tanto, insistimos en que en las etapas tempranas de toda investigación e deben seguir todas las conexiones entre los fenómenos estudiados,

aún las más indirectas, especulativas o descabelladas, y justificar toda conexión ignorada.

Heterogenidad. La heterogeneidad interna de todas las cosas y de todas las poblaciones de cosas es la perspectiva complementaria a las conexiones universales: cosas diferentes se combinan en todos más grandes y heterogéneos. Esta perspectiva nos lleva a focalizar en la variabilidad cuantitativa y cualitativa como objetos de interés y fuentes de explicación. De esta forma ciertos problemas se vuelven atractivos, como la organización de la variedad fenotípica en plantas y animales, la diferenciación de clases en la sociedad, el reconocimiento de que plantas que llevan el mismo nombre de especie pueden ser bastante diferentes para los herbívoros que las comen, o que la misma especie puede tener diferente significación ecológica en diferentes lugares. Cuando nos enfrentamos con un conjunto de cosas de cualquier tipo, sospechamos de alguna aparente homogeneidad.

Compenetración de los opuestos. Cuanto más vemos distinciones en la naturaleza, y más subdividimos y establecemos clases separadas, mayor es el daño de cosificar esas diferencias. Por lo tanto, complementaria al proceso de subdivisión está la hipótesis de que no hay subdivisión no trivial o completa, que los opuestos se compenetran y que esta compenetración es a menudo critica para el comportamiento del sistema.

Niveles de integración. En contra de la visión reduccionista, que ve al todo como reductible a la colección de las partes fundamentales, nosotros vemos los diversos niveles de organización como parcialmente autónomos e interactuando recíprocamente. Debemos rechazar la euforia "molecular" que ha llevado a muchas universidades a cambiar la biología por el estudio de las unidades más pequeñas, descartando los estudios poblacionales, organísmicos,

evolutivos y ecológicos como formas de "filatelia" y permitiendo que se descuiden las colecciones de los museos. Pero una vez que la legitimidad de esos estudios es reconocida, también argumentamos el estudio de las relaciones verticales entre los niveles, que operan en dos direcciones.

No sabemos si estos elementos del programa de investigación y educación van a resultar en la solución de los problemas de larga data de la biología. Hasta el momento, los filósofos dialécticos se han limitado a explicar la ciencia. El problema, sin embargo, es cambiarla.

Bibliografía

Bailey, L. H. 1900. *Cyclopedia of America horticulture.* New York: Macmillan.

Bateson, W. 1902. *Mendel's principles of heredity A defense.* Cambridge: Cambridge University Press.

Beauvoir, S. de 1953. *The second sex.* New York: Alfred Knopf.

Bernal, J. D. 1939. *The social function of science.* London: Routledge, Kegan Paul. 1954. *Science in history.* London: Watts.

Berrill, N. J. y C. K. Liu, 1948. Germplasm, Weismann, and Hydrozoa. *Quarterly Review of Biology* 23:124-132.

Bolley, H. L. 1927. "Indication of the transmission of an acquired character in flax". *Science* 66:301-302.

Boytel Jamby, F. 1972. *Geografia Ecologica de Oriente.* Havana: Instituto Cubano del Libro.

Briand, F., and E. McCauley. 1978. "Cybernetic mechanisms in lake plankton systems: how to control undesirable algae". *Nature* 273: 228-230.

Buckland, W. 1836. *Geology and mineralogy considered with reference to natural theology.* Bridgewater Treatises. London: Royal Society.

Camayd Freixas, Y. 1982. "A critical assessment of a computer

program designed to identify Hispanic surnames in archival data". *Journal of Latin Community Health* 11:41-54.
Carr, E. H. 1952. *The Bolshevik revolution,* vol. 2. London: Macmillan.
Charlesworth, B. 1970. "Selection in populations with overlapping generations. I. Use of Malthusian parameters in population genetics". *Theoretical Population Biology 1:352-370.*
Clausen, J., D. D. Keck, y W. M. Heisey. 1940. "Experimental studies on the nature of species. I. Effects of varied environments on western North American plants". *Carnegie Institution of Washington Publications* 520:1-45.
Clements, F. E. 1949. *Dynamics of vegetation: selections from the writings of ftederic E. Clements, Ph.D.* New York: H. W. Wilson.
Cohen, J. 1978. *Food webs and niche space.* Monographs in Population Biology 11. Princeton: Princeton University Press.
Cornforth, M. 1963. *Dialectical materialism.* Vol. 3, *Theory of knowledge.* London: Lawrence and Wishart.
Cunningham, J. T. 1930. "Evolution of the hive bee". *Nature* 125:857.
Daniel, L. 1926. "The inheritance of acquired characters in grafted plants". *Proceedings of the International Congress of Plant Sciences* 2:1024-1044.
Darwin, C. 1859. *On the origin of species by natural selection.* London: Murray.
Darwin, F. 1887. *Life and letters of Charles Darwin.* London.
Dawkins, R. 1976. *The selfish gene.* New York: Oxford University Press.
Dayton, P. K. 1975. "Experimental evaluation of ecological dominance in a rocky intertidal community". *Ecological Monographs* 45:137-160.
Diderot, D. [1830] 1951. *Le reve de d'Alembert, Entretien entre d'Alembert et Diderot, et suite de l'Entretien.* Ed. Paul Verniere. Paris: Didier.

Dobzhansky, T. 1951. *Genetics and the origin of species.* 3rd ed., rev. New York: Columbia University Press.

Dobzhansky, T., and B. Spassky. 1944. "Genetics of natural populations. XL Manifestation of genetic variants in Drosophila pseudoobscura in different environments". *Genetics* 29:270-290.

Engels, F. [1880] 1934. "Basic forms of motion; The part played by labor in the transition from ape to man". *Dialectics of nature.* Progress Publishers.

Eyster, W. H. 1926. "The effect of environment on variegation patterns in maize endocarp". *Genetics 11:372-386.*

Federley, H. 1929. "Weshalb lehnt die Genetik die Annahme einer Vererbung erworbener Eigenschaften ab?". *Paleontologische Zeitschrtft* 11:287-317.

Finesinger, J. E. 1926. "Effect of certain chemical and physical agents on fecundity and length of life, and on their inheritance in a rotifer", *Lecane inermis* (Bryce). *Journal of Experimental Zoology* 44:63-94.

Fisher, R. A. 1930. *The genetical theory of natural selection.* Oxford: Clarendon Press.

Ford, E. B. 1975. *Ecological genetics.* London: Chapman and Hall.

Gause, G. F. [1934] 1964. *The struggle for existence.* New York: Hafner.

Goldschmidt, R. 1940. *The material basis of evolution.* New Haven: Yale University Press.

Gould, S. J. 1977. *Ontogeny and phylogeny.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Grassle, J. Frederick, and Judith P. Grassle. 1974. "Opportunistic life histories and genetic systems in marine berthic polychaetes". *Journal of Marine Research* 32(2):253-284.

Griffin, Susan. 1979. *Woman and nature: The roaring inside her.* New York: Harper & Row.

Griffith, F. 1928. "The significance of pneumococcal types". *Journal of Hygiene* 27:113.

Gupta, A. P., y R. C. Lewontin. 1982. "A study of reaction norms in natural populations of *Drosophila pseudoobscura*". *Evolution* 36:934-948.
Gutierrez, G. 1974. *Ciencia-cultura y dependencia.* Buenos Aires: Editorial Guadalupe.
Gutman, H. 1976. *The black family in slavery and freedom, 1750-1925.* New York: Pantheon.
Guyer, M. F. 1930. "The germinal background of somatic modifications". *Science* 71:169-176.
Harris, M. 1974. *Cows, pigs, wars and witches: The riddles of culture.* New York: Random House.
Harrison, J. W. H. 1927. "Experiments on the egg-laying instincts of the sawfly, Pontamia wilds Christ, and their bearing on the inheritance of acquired characteristics with some remarks on a new principle of evolution". *Proceedings of the Royal Society of London* B 101:115-126.
Hessen, B. 1931. "The social and economic roots of Newton's Principia". In *Science at the Crossroads.* London: Kniga.
Hudson, P. S., and R. H. Richens. 1946. *The new genetics in the Soviet Union.* Cambridge: Imperial Bureau of Plant Breeding and Genetics.
Jensen, A. R. 1969. "How much can we boost IQ and scholastic achievement?". *Harvard Educational Review* 39:1-123.
Jollos, V. 1934. "Inherited changes produce by heat treatment in Drosophila melanogaster". *Genetika* 16:476-494.
Joraysky, D. 1970. *The Lysenko affair.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
Kains, M. C. 1916. *Plant propagation: Greenhouse and nursery practice.* New York: Orange Judd.
Karasek, R., D. Baker, F. Marxer, A. Ahlbom, y T. Theorell. "Job decision latitude, job demand, and cardiovascular disease". Paper presented at annual meeting of the American Public Health Association, November 1979.

Kimura, M., and T. Ohta. 1971. *Theoretical aspects of population genetics.* Princeton: Princeton University Press.
King, J. L., and T. H. Jukes. 1969. "Non-Darwinian evolution: random fixation of selectively neutral mechanisms". *Science* 164:788-798.
Klages, K. H. W. 1949. *Ecological crop geography.* New York: Macmillan.
Klebs, G. 1910. "Alterations in the development and forms of plants as a result of environment". *Proceedings of the Royal Society of London* B 84:547-558.
Konsuloff, S. 1933. "Uber die Dauermodifikationen den tierischen Gewebe". *Zeitschrift der Gesellschaft far Experimentalle Medizin* 89:177-182.
Kuhn, T. 1962. *The structure of scientific revolutions.* Chicago: University of Chicago Press.
Lane, P. 1975. "The dynamics of aquatic systems: a comparative study of rhe structure of four zooplankton communities". *Ecological Monographs* 95(4):307-336.
Leigh, E. 1971. *Adaptation and diversity.* San Francisco: Freeman, Cooper.
Lesage, P. 1924. "Sur la precocite: etapes du caractere provoque, au caractere herite definitivement fixe. Application a la prediction de primeurs". *Comptes Rendues de l'Academie d'Agriculture* 182 (5).
Lesage, P. 1926. "Sur la precocite provoquee et heritte dans le Lepidium sativum apres la vie sous chassis". *Revue generale de botanique* 38:65-86.
Leston, D. 1973. "The ant mosaic-tropical tree crops and the limiting of pests and diseases". *PANS* 19:311-341.
Levins, R. 1968. *Evolution in changing environments.* Princeton: Princeton University Press.
Levins, R. 1975. "Evolution in communities near equilibrium". en M. L. Cody and J. Diamond (Eds.), *Ecology and evolution of communities.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Lewontin, R. C. 1974a. "Darwin and Mendel-the materialist revolution". En: *The heritage of Copernicus: Theories "more pleasing to the mind."* Ed. J. Neyman. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Lewontin, R. C. 1974b. *The genetic basis of evolutionary change.* New York: Columbia University Press.

Lorenz, K. 1962. "Kant's doctrine of the *a priori* in the light of contemporary biology". *General Systems* 7:23-35.

Lyell, C. 1830. *Principles of geology.* London: John Murray.

MacBride, E. W. 1931. Habit: The driving force in evolution. *Nature.* 127:933-944.

McCauley, E. y F. Briand. 1979. "Zooplankton grazing and phytoplankton species richness: field test of the predation hypothesis". *Limnology and Oceanography* 24:243-252.

Marx, K. [1848] 1968. "Theses on Feuerbach". En *Karl Marx and Frederic Engels: selected works.* New York: International Publishers.

Marx, K. [1872] 1967. *Capital.* New York: International Publishers.

Marx, K., and F. Engels. [1848] 1939. *Manifesto of the Communist Party.* New York: International Publishers.

May, R. *1973. Stability and complexity in model ecosystems.* Princeton: Princeton University Press.

Mayr, E. 1963. *Animal species and evolution.* Cambridge: Harvard University Press.

Medvedev, Z. 1969. *The rise and fall of T. D. Lysenko.* New York: Columbia University Press.

Midgely, M. 1978. *Beast and man: The roots of human nature.* Ithaca: Cornell University Press.

Miller, S. 1955. "Production of some organic compounds under possible primitive earth conditions". *Journal of the American Chemical Society* 77:2351-2361.

Morton, N. E. 1974. "Analysis of family resemblance. I. Introduction". *American Journal of Human Genetics* 26:318-330.

Neyman, J., T. Park y E. L. Scott. 1956. "Struggle for existence. The Diboll 4m model: biological and statistical aspects". *Third Berkeley*

Symposium on Mathematical Statistics and Probability 4:41-79.
Nopsca, F. 1926. "Heredity and evolution". *Proceedings of the Zoological Society of London* 2:633-665.
Oparin, A. I. 1957. *The origin of life on earth.* New York: Macmillan.
Orians, G. 1976. "The strategy of central-place foraging". In *Adalysis of Ecological Systems.* Columbus: Ohio State University Press.
Pfeffer, W. 1900. *The physiology of plants.* London: Oxford University Press.
Piaget, J. 1967. *Six psychological studies.* New York: Random House.
Rao, D. C., N. E. Morton, y S. Yee. 1974. "Analysis of family resemblance. II. A linear model for familial correlation". *American Journal of Human Genetics* 26:331-359.
Raunkiaer, C. 1934. *Plant life forms.* Oxford: Oxford University Press.
Rendel, J. M. 1959. "Canalization of the scute phenotype of Drosophila". *Evolution* 13:425-439.
Rendel, J. M. 1967. *Canalization and gene control.* London: Academic Press.
Reynolds, J. M. 1945. "On the inheritance of food effects in the flour beetle", *Tribolium destructor. Proceedings of the Royal Society of London* B 132:438-451.
Schmalhausen, I. I. 1949. *Factors of evolution.* Philadelphia: Blakeston.
Simberloff, D. 1980. "A succession of paradigms in ecology: Essentialism to materialism and probabilism". *Synthese* 43:3-29.
Sladden, D. E., y H. R. Hewer. 1938. "Transference of induced food habit from parent to offspring, III". *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* B 126:30-44.
Spencer, H. [1857] 1915. "Progress: Its law and cause". En *Essays: Scientific, political and speculative.* New York: Appleton.
Spencer, H. 1862. *First principles.* London: Williams and Norgate.
Srevenson, F. J. 1948. "Potato breeding genetics and cytology:

Review of literature of interest to potato breeders". *American Potato Journal* 25:1-12.
Srurtevant, A. H. 1944. "Can specific mutations be induced by serological merhods?" *Proceedings of the National Academy of Science of the United States* 30:176-178.
Suster, P. M. 1933. "Erblichkeit aufgezwungener Futterannahme bei Drosophila repleta". *Zoologischer Anzeiger* 102:222-224.
Swarbrick, T. 1930. "Root stock and scion relationship. Sorne effects of scion variety upon the root stock". *Journal of Pomology and Horticultural Science* 8:210-228.
Teilhard de Chardin, P. 1962. *Le groupe zoologique humain.* Paris: Editions du Seuil.
Thompson, D. W. 1917. *On growth and form.* Cambridge: Cambridge University Press.
Trivers, R. 1974. "Parent-offspring conflict". *American Zoologist* 14:249-264.
Vayda, A. P., A. Leeds, y B. Smith. 1960. "The place of pigs in Melanesian subsistence". *International congress of anthropological and ethnographic sciences. Actes Tome II, Ethnologie* 1:653-658.
Vernon, H. M. 1898. "The relarions between the hybrid and parent forrns of Echinoid larvae". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* B 190:465-529.
Waddingron, C. H. 1953. "Genetic assimilarion of an acquired character". *Evolution* 7:118-126.
Whitehead, A. N. 1925. *Science and the modern world.* New York: Macmillan.
Whitehead, A. N. 1938. *Modes of thought.* New York: Macmillan.
Wilson, E. G. 1975. *Sociobiology: The new synthesis.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
Wilson, E. G. 1978. *On human nature.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
Wilson, K. S. y C. L. Withner, Jr. 1946. "Stock-scion relationships in tomatoes". *American Journal of Botony* 33:796-801.

Wright, S. 1931. "Evolution in Mendelian populations". *Genetics* 16:97-159.

Zavadovsky, B. 1931. "The 'physical' and the 'biological' in the process of organic evolution". *Science at the Crossroads.* London: Kniga.

Indice

Parte III: La ciencia como producto social y el producto social de la ciencia



La Biblioteca Militante se compondrá de un total de 250 títulos divididos en cinco colecciones. Con este emprendimiento, *Razón y Revolución* se propone contribuir a la formación política y cultural de sus lectores, brindando una amplia selección de títulos y autores, de lectura ágil y gran importancia, a un precio irrisorio para lo que es actualmente el mercado editorial. La Biblioteca quiere militar por el socialismo en el sentido más general: demostrando que existe como una potencia siempre latente en el alma humana. Autores de los más diversos traerán mes a mes un aspecto, un elemento y una perspectiva de la realidad que buscarán enriquecer la mirada del lector y ayudarlo a construir una cultura socialista.

La Colección Problemas Contemporáneos está destina a aquellos lectores que tengan preguntas por responderse sobre el mundo actual. Textos de gran calidad que intentarán explicar guerras, crisis económicas y procesos políticos en cada rincón del planeta, presentes o pasados. Una visión panorámica del mundo, necesaría para ubicarse y tomar partido.

Alejandro Valle Baeza y Gloria Martínez González: *México, otro capitalismo fallido*
Roberto Montoya: *La impunidad imperial*
Hal Draper: *La revuelta de Berkeley*
Vo Nguyen Giap, Hoang Quoc Viet, Le Van Luong y Truong Chinh: *Los orígenes de la Revolución Vietnamita, 1930-1945*
Andreas L. Doeswijk: *Vivir es muy peligroso*

Próximamente

Minqui Li: *Desarrollo del capitalismo y lucha de clases en China*
Doug Henwood: *Cómo funciona Wall Street*
Andreas L. Doeswijk: *Vivir es muy peligroso*

Colección Literatura en Acción

David Viñas: *En la semana*
Andrés Rivera: *El precio*
César Vallejo: *El tungsteno y otros relatos*
José González Castillo: *Los invertidos y otras obras*
Andrés Rivera: *Los que no mueren*
P. Esteve, W. Operto y R. Monti: *Teatro Político I*

Próximamente

David Viñas: *Cayó sobre su rostro*
David Viñas: *Dar la cara*
Emile Zola: *Germinal*
Goldoni Carlo: *Arlequino, servidor de dos patrones*
Henri Barbusse: *El fuego*
Dardo Dorronzoro: *Poesía*

Impreso en Villa Lynch - c.p.1672, Pcia Bs. As.
Mayo de 2016, tirada 2000 ejemplares